

Université de Montréal

Développement d'une nouvelle thérapie ciblant l'anomie des verbes d'action
*Validation comportementale et exploration des corrélats neurofonctionnels de ses effets
dans les cas d'aphasie*

Par

Edith Durand

École d'orthophonie et d'audiologie, Faculté de médecine

Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de docteur
en sciences biomédicales, option orthophonie

Août 2019

© Edith Durand, 2019

Université de Montréal

Unité académique : École d'orthophonie et d'audiologie, Faculté de médecine

Cette thèse intitulée

Développement d'une nouvelle thérapie ciblant l'anomie des verbes d'action
Validation comportementale et exploration des corrélats neurofonctionnels de ses effets dans les cas d'aphasie

Présentée par

Edith Durand

A été évaluée par un jury composé des personnes suivantes

Christian Casanova

Président-rapporteur

Ana Inés Ansaldo

Directrice de recherche

Sven Joubert

Membre du jury

Véronique Boulenger

Examinatrice externe

Résumé

L'aphasie est un trouble acquis du langage survenant suite à une lésion cérébrale, le plus souvent suite à un accident vasculaire cérébral. Les conséquences des troubles du langage sont multiples et diminuent de manière importante la qualité de vie des personnes avec aphasie. L'anomie ou manque du mot en est la manifestation la plus fréquente et persistante, et ce, quel que soit le type d'aphasie. Le manque du mot peut porter sur les noms, mais aussi sur les verbes. Ces derniers jouent d'ailleurs un rôle central dans la construction des énoncés. Alors que l'anomie des verbes est plus fréquente que celle des noms, les thérapies les ciblant restent moins nombreuses que celles pour les noms. En accord avec la cognition incarnée et située, l'usage de stratégies sensorimotrices telles que l'exécution du geste ou l'observation de l'action semble pouvoir faciliter la dénomination de verbes. Cependant, les travaux publiés jusqu'à présent ne montrent que très peu d'effet de généralisation aux items non entraînés, qui est pourtant l'objectif clinique à atteindre par excellence. Ces études n'ont utilisé en général qu'une seule de ces stratégies, ne considérant pas l'imagerie mentale pourtant en lien avec le traitement de l'action. De plus, ces études incluent rarement les recommandations issues des neurosciences.

L'objectif de ce travail doctoral fut alors (1) d'élaborer une nouvelle thérapie à partir de ces constats théoriques et méthodologiques, (2) d'évaluer son « efficacité » au niveau comportemental et enfin (3) de rechercher les substrats neurofonctionnels associés à la thérapie.

Les résultats indiquent une amélioration significative de la dénomination d'actions auprès des 10 participants inclus. Plus important, cette amélioration est également valable pour les verbes non entraînés traduisant un effet de généralisation. De plus, cette amélioration se maintient à deux mois et à six mois après la thérapie. Les analyses neurofonctionnelles, conduites auprès de deux patients, montrent une implication des aires appartenant aux réseaux langagier et sensorimoteur lors de la dénomination d'actions. Enfin, les analyses de connectivité au repos, auprès de quatre participants, suggèrent une meilleure intégration dans les réseaux visuomoteurs et moteurs associés à la dénomination de

l'action. Ces données préliminaires indiquent que les changements neurofonctionnels sont associés à la nature de la thérapie combinant des stratégies sensorimotrices pour faciliter la dénomination des verbes. Prises ensemble, ces données s'avèrent très prometteuses quant à l'efficacité de POEM, en particulier à travers l'effet de généralisation. Bien que les échantillons soient modestes, la robustesse des analyses employées et la convergence des résultats avec les données existantes dans la littérature et à travers les modalités d'études (niveau comportemental et neurofonctionnel) permettent d'être optimiste quant aux applications cliniques possibles de cette thérapie. Enfin, les perspectives théoriques, à travers la cognition incarnée, et pratiques, avec les limites et travaux toujours en cours sont discutées au regard de la littérature existante.

Mots-clés : aphasie, thérapie, verbe, cognition incarnée, neuroimagerie

Abstract

Aphasia is a language impairment due to a brain lesion, most often following a stroke. Language impairments lead to multiple negative outcomes and significantly impoverish the quality of life of persons living with aphasia. Anomia is the most frequent and persistent symptom across all kinds of aphasia. Anomia can be observed for nouns, but also for verbs. Moreover, the latter are at the core of the sentences. Despite the fact that verb anomia is more frequent than anomia with nouns, there is much less interventions available to treat verbs' anomia. Accordingly, with embodied cognition theory, sensorimotor strategies, such as action execution and action observation seem to improve verb naming. However, published studies show only a very limited generalization effect when this effect is the gold standard of clinical practice. These studies are generally based on only one strategy and did not use mental imagery which was found to be related with action processing. Moreover, these studies rarely include recommendations from the work in neuroscience.

The present PhD project aims to (1) develop a new sensorimotor therapy taking into account these theoretical and methodological points, (2) evaluate its « efficacy » at a behavioural level, and (3) seek its neurofunctional underpinning functioning. The results reveal a significant improvement of the verb naming performance for the 10 persons with aphasia. More importantly, this improvement is also observed for the untrained verbs signalling a generalization effect. In addition, the effects are still present after two and six months following the end of the therapy. The neurofunctional results, for the two participants included, confirm the involvement of language and sensorimotor areas during action naming. Finally, resting state connectivity analyses performed with four participants suggest higher integration in the visuomotor and motor networks involved in action naming. These preliminary data support the idea that neurofunctional changes are associated with the nature of the therapy combining different sensorimotor strategies to improve verb naming.

Taken together, these results are very promising regarding the efficacy of this new therapy, mainly through the generalization effect. Even if the sample size is limited, the

robustness of the analyses and the convergence of the results with the existing data of the literature and through the different modalities of the studies (behavioural and neurofunctional) allow to be optimistic for the clinical applications of the therapy. Finally, the theoretical perspectives, with the embodied cognition theory, as well as the practical ones, with the limits of the projects and the ongoing work, are discussed in light of the existing literature.

Keywords : aphasia, therapy, verb, embodied cognition, neuroimaging

Table des matières

Résumé	3
Abstract	5
Table des matières	7
Liste des tableaux	11
Liste des figures	13
Liste des sigles	16
Remerciements	18
Avant-propos	20
Chapitre 1 - Introduction	1
A L'aphasie et handicap du langage et de la communication	1
I Définition et étiologie de l'aphasie	1
II Épidémiologie de l'aphasie	2
III Les conséquences de l'aphasie sur la qualité de vie	3
B L'anomie : le symptôme central dans l'aphasie	6
I Définition et manifestations cliniques	7
II L'anomie des verbes	8
III Modèles cognitifs généraux de la production du mot	9
IV Les niveaux d'atteinte dans les anomies	14
V Les thérapies de l'anomie des verbes	14
C Nature du verbe	26
I Perspective linguistique	26
II Perspective psycholinguistique	29

III	Les modèles des connaissances sémantiques : du langage désincarné au langage incarné	34
IV	Le point sur les données neurofonctionnelles sur le traitement des verbes d'action	45
D	Mécanismes de neuroplasticité et récupération de l'aphasie	46
I	La plasticité cérébrale	46
E	Intégration des principes de neuroplasticité dépendant de l'expérience (PNDE)	50
Chapitre 2 -	Présentation du projet de thèse	52
A	Position du problème	52
B	Objectifs spécifiques et hypothèses	54
C	Méthodologie	56
I	Approche méthodologique	56
I	Participants	56
II	Matériel	59
III	Méthodologie de la recherche	61
IV	Méthodes d'analyses	68
Chapitre 3 -	Résultats	69
A	Premier article : Personalised Observation, Execution, and Mental Imagery Therapy (POEM) to improve verb retrieval in post-stroke chronic aphasia: Generalisation and maintenance effects	69
B	Deuxième article : The Neural and Behavioral Correlates of Anomia Recovery following Personalized Observation, Execution, and Mental Imagery Therapy: A Proof of Concept	103
C	Troisième article : Changes in resting state functional connectivity following Personalized Observation, Execution and Mental Imagery Therapy in chronic aphasia: Preliminary results	129

Chapitre 4 - Discussion	154
A Rappel des objectifs et synthèse des principaux résultats	154
B Les défis et réalisations de la thèse	159
I Le recrutement des participants	159
II La passation d'un examen en IRM pour les personnes avec aphasie	161
III Le rehaussement du matériel d'IRM	162
IV L'adhésion thérapeutique	162
C Pistes explicatives des résultats obtenus	163
I Utiliser la dénomination pour l'améliorer	163
II La spécificité pour cibler la reconstruction des réseaux neurofonctionnels	164
III Corrélat neurofonctionnels en lien avec la nature de POEM	168
D L'intensité et la répétition de la thérapie	171
E La pertinence des stimuli : personnalisé et en vidéos	172
F Limites des études présentées	174
I Échantillons restreints	174
II Mesures en neuroimagerie	175
III Maintien des effets et support numérique	176
IV Administration de la thérapie par une seule et même orthophoniste	177
V Issues des données acquises	177
VI La qualité de vie	179
G Vers une approche holistique de la réhabilitation des personnes victimes d'AVC	179
Conclusion	182
Bibliographie	183

Annexes	1
Annexe 1 Classification des aphasies	2
Annexe 2 Liste des verbes utilisés dans les trois études et de leurs caractéristiques psycholinguistiques.....	4
Annexe 3 Livret explicatif du déroulement de la séance d'IRM remis au participant.....	10
Annexe 4 FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT.....	16
Annexe 5 Affiche de recrutement pour les participants âgés	23
Annexe 6 Affiche de recrutement pour les participants avec aphasie	24

Liste des tableaux

Chapitre 1

Tableau 1: Récapitulatif des éléments retenus des études portant sur l'anomie des verbes – verbes travaillés dans un contexte isolé.....24

Tableau 2: Aires associées à la dénomination de verbes selon Alyahya et al. (2018)45

Chapitre 2

Tableau 3: Ensemble des tests proposés dans l'évaluation pré- et post-thérapie.....63

Chapitre 3

Article 1

Table 1 Sociodemographic and clinical data for the 10 participants79

Table 2 Individual pre-treatment scores on selected language and cognitive assessment tests82

Article 2

Table 1 Sociodemographic, clinical, and cognitive data for the 2 participants..... 112

Table 2 Language assessment and verb naming scores during the pre- and posttherapy MRI sessions for both participants..... 114

Table 3 Significantly activated areas associated with the production of correct verbs for the two participants 118

Table 4 Lateralization indexes related to successful verb naming in the different conditions pre- and posttherapy for P1 and P2..... 119

Article 3

Table 1 Sociodemographic information on participants with aphasia and control subjects 137

Table 2 Language performance of the four participants with aphasia 138

Table 3 Statistical results of the paired t-test within PWA group and between conditions 143

Table 4 Significant changes in resting-state functional connectivity between participants with aphasia group and paired control group
(PWA > Control ; POST>PRE-therapy)..... 143

Liste des figures

Chapitre 1

Figure 1: Modèle A-FROM de Kagan (2011); Kagan et al. (2008).....	6
Figure 2 : Adaptation française de la classification de Helm-Estabrooks and Albert (2004)	7
Figure 3: Modèle du système lexical par Hillis and Caramazza (1995).....	10
Figure 4 : Comparaison d'un modèle discret de production de mots et d'un modèle d'activation interactive de production de mots (N. Martin, 2017).....	12
Figure 5: Le modèle Restricted Interactive Activation par Goldrick and Rapp (2002).....	13
Figure 6: Schéma adapté des trois cercles des domaines de la linguistique, psycholinguistique et neuropsycholinguistique de (J. Nespoulous, 2004).....	26
Figure 7: Organisation taxonomique lexico-sémantique pour les noms et pour les verbes.	32
Figure 8: Représentation sémantique du verbe <i>altérer</i> (Elie et al., 2005).....	33
Figure 9: Réseaux fonctionnels de mots à forte association visuelle ou motrice extrait de (Pulvermuller, 1999).....	42
Figure 10: Schéma illustrant les aires recrutées pour la lecture de verbes spécifiques extrait de (Pulvermuller, 2005).....	43
Figure 11: Les activations modales durant une tâche de traitement langagier et modèle neuroanatomique du traitement sémantique (Binder & Desai, 2011).....	44
Figure 12: Illustration des processus cérébraux post-AVC ischémiques sous-tendant la récupération extrait de (Carey & Seitz, 2007).....	48
Figure 13: Principes de la plasticité cérébrale dépendante des expériences extrait de (Kleim & Jones, 2008)	50

Chapitre 2

Figure 14: Diagramme de recrutement effectué dans le cadre des trois études	58
Figure 15: Répartition par motifs de non-éligibilité des personnes avec aphasie (N total = 57).....	58
Figure 16 : Déroulement du projet de recherche	61
Figure 17: Procédure d'application de la thérapie POEM	65

Chapitre 3

Article 1

Figure 1 Comparison of individual verb naming performance on trained verbs between pre- and post-therapy	85
Figure 2 Comparison of individual verb naming performance on untrained verbs between pre- and post-therapy	85
Figure 3 Verb naming performance on trained verbs between pre- and post-therapy	86
Figure 4 Verb naming performance on untrained verbs between pre- and post-therapy	87
Figure 5 Mean verb naming performance.....	88

Article 2

Figure 1 Lesion location on anatomical MRI for P1 (top three slices) and for P2 (bottom three slices).	113
Figure 2 Naming task during fMRI acquisition.....	115

Article 3

Figure 1 Flow diagram for the selection of participants with aphasia	136
Figure 2 Single-case longitudinal perspective of behavioural changes along therapy with POEM	141
Figure 3 Significant changes in resting-state functional connectivity in the group of PWA (Post>Pre-therapy).....	142

Annexes

Annexe 1 Classification des aphasies	2
--	---

Annexe 2 Liste des verbes utilisés dans les trois études et de leurs caractéristiques psycholinguistiques.....	4
Annexe 3 Livret explicatif du déroulement de la séance d'IRM remis au participant.....	10
Annexe 4 FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT.....	16
Annexe 5 Affiche de recrutement pour les participants âgés	23
Annexe 6 Affiche de recrutement pour les participants avec aphasie	24

Liste des sigles

ACP	Analyses De Composantes Phonologiques
ACS	Analyse Des Caractéristiques Sémantiques
A-FROM	Aphasia Framework for Outcome Measurement
AOT	Action Observation Therapy
ASL	Arterial Spin Labeling
AVC	Accident Vasculaire Cérébral
BA	Brodman Area
BOLD	Blood Oxygen Level Dependent
CC	Cortex Cunéal
CF	Connectivité Fonctionnelle
CMER-RNQ	Comité mixte d'éthique de la recherche du Regroupement Neuroimagerie Québec
COTL	Cortex Occipito-Temporal Latéral
CRIUGM	Centre de Recherche de l'Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal
CSCC	Cortex Supracalcarin
DTI	Diffusion Tensor Imagery
EEG	Électroencéphalographie
IRM	Imagerie Par Résonance Magnétique
IRMf	Imagerie Par Résonance Magnétique fonctionnelle
ISI	Intervalle Inter-Stimuli

MDP-PPH	Modèle de Développement Humain – Processus de Production du Handicap
PNDE	Principes de Neuroplasticité Dépendant de l'Expérience
POEM	Personalized Observation Execution and Mental imagery
PWA	Person With Aphasia
RAPAQ	Regroupement des Associations des Personnes Aphasiques du Québec
RIA	Restricted Interaction Activation
SLA	Sclérose Latérale Amyotrophique
SMA	Supplementary Motor Area
TCC	Traumatisme Cranio-Cérébral
TEP	Tomographie par Émission de Positons
UNF	Unité de Neuroimagerie fonctionnelle

Remerciements

Le doctorat est un chemin constitué d'obstacles, de surprises et de rencontres avec des personnes inspirantes et au soutien inestimable, mais aussi de rencontre avec soi. Ce parcours vers un *Philosophiae Doctor* apprend à cheminer dans l'humilité d'un savoir en progression, dans l'infini des possibles.

Je remercie en premier lieu ma directrice de thèse, Ana Inés Ansaldo. Ana Inés m'a accueillie chaleureusement au sein de son laboratoire. Son enthousiasme pour la recherche et sa rigueur scientifique m'ont tout de suite attirée. Sa disponibilité et son souci de chacun m'ont aidée durant cette aventure enrichissante au cœur de la recherche. Ana Inés m'a généreusement guidé dans le monde de la recherche internationale, me permettant de rencontrer des chercheurs et cliniciens partageant le même souci d'une pratique optimisée au service des personnes aux prises avec des difficultés de communication.

Merci à mon comité de parrainage : Karine Marcotte, Julien Doyon et Pascale Tremblay pour leur support tout au long du parcours doctoral.

Merci aux membres de jury : Sven Joubert, Véronique Boulenger et Christian Casanova d'avoir accepté de lire et d'évaluer ma thèse.

Je remercie les participants à cette étude, leurs proches et les personnes responsables des associations de personnes avec aphasie. Par leurs grandes générosités, ils ont rendu cette expérience incroyable de leçons de persévérance et d'espoir.

J'adresse mes remerciements à mes collègues de laboratoire très précieux : l'incroyable Michèle pour tout son soutien, sa présence, son sourire dans les moments difficiles et nos nombreux partages professionnels et personnels, Tanya, pour son optimisme et son sourire, et Pierre, pour son originalité et son support.

Je remercie Perrine, dont j'ai eu l'honneur de partager le chemin doctoral, pour son aide dans la confection des vidéos, nos conversations éclairantes et nos activités out of the box.

Je remercie quelques personnes qui m'ont éclairée sur mon parcours : Alain Devevey, pour m'avoir encouragée dans mes choix, et notamment ma traversée de l'Atlantique pour une découverte de nouveaux horizons, Bernadette Ska pour m'avoir orientée vers le centre de recherche du CRIUGM, Simona Brambati pour son exemplarité de rigueur et de générosité, la pertinence de ses propositions et son soutien en toutes circonstances, Maximiliano Wilson pour son écoute et nos discussions éclairantes.

Un grand merci à David, le génie de la caméra et à tous les acteurs bénévoles qui ont bien voulu jouer le jeu du tournage d'actions en divers lieux et faire partie de cette aventure.

Merci à Basile Pinsard d'avoir travaillé à la constitution technique parfaite des vidéos contrôles de notre expérience en IRM événementielle et à Jason Steffener d'avoir réalisé le timing de présentation optimal pour les séquences d'IRMf. Ces deux personnes sont d'une générosité et d'un talent incroyables.

Merci à Carollyn et André, ces deux piliers de l'UNF sont des personnes pleines de ressources que je remercie pour leur patience et tout leur support.

Un grand merci à Anna Sontheimer, qui m'a aidée et soutenue en finale de thèse, constituant un magnifique trait d'union des possibilités de recherche intercontinentale.

Des remerciements particuliers à ma famille : à mes parents qui m'ont appris la ténacité et le courage, dans le respect de chacun, à ma grande sœur qui m'écoute depuis mes tout premiers balbutiements, à mon grand frère, à mon petit frère pour son inspirante détermination. Merci à mes amis : Anna, Philippe, Clémence, Marine, Agnès et Stéphane, Kathy qui m'ont toujours soutenue dans mes choix.

Un remerciement chaleureux à Sylvie, qui a été d'un soutien inestimable dans mes premiers pas de maman.

Mes derniers remerciements s'adressent à Guillaume, qui, par sa présence patiente dans les différentes étapes doctorales et tous ses conseils précieux, est l'incarnation de la bienveillance et ce, quelle que soit la situation, et bien sûr, à Philéo qui a laissé du temps à sa maman pour finir sa thèse.

Avant-propos

Cette thèse a été entreprise et réalisée dans l'objectif d'une contribution à la recherche dans le domaine de l'orthophonie. L'orthophonie est un domaine professionnel riche qui se nourrit des apports de différentes disciplines incluant la linguistique, la psychologie et les neurosciences, en vue d'accompagner au mieux les personnes présentant des troubles du langage et de la communication. Ce parcours, au cœur de la recherche, m'a permis d'appréhender encore mieux la richesse d'un travail tissé par les apports des différentes disciplines et en collaboration dynamique avec différents experts.

Ce document présente une thèse déposée sous forme hybride incluant un article publié, un article soumis, ainsi que la présentation de résultats d'une recherche qui feront l'objet d'une prochaine publication. Ces articles et travaux ont été réalisés dans le cadre de ce doctorat, sous la direction d'Ana Inés Ansaldo, Ph.D. Voici les références des différents articles et travaux, dans l'ordre présenté dans cette thèse:

1. Durand, E. & Ansaldo, A. I. (soumis pour publication). Personalised Observation, Execution, and Mental Imagery Therapy (POEM) to improve verb retrieval in post-stroke chronic aphasia: Generalisation and maintenance effects.
2. Durand, E., Berroir, P., & Ansaldo, A. I. (2018). The neural and behavioral correlates of anomia recovery following Personalized Observation, Execution, and Mental Imagery Therapy: A proof of concept. *Neural Plasticity*, 2018, 1-12.
3. Durand, E., Sontheimer, A., Masson-Trottier M. & Ansaldo, A. I. (In prep). Changes in functional connectivity following Personalised Observation, Execution and Mental Imagery Therapy in chronic aphasia: Preliminary results.

Le premier manuscrit est inséré au chapitre 3 de cette thèse. Le manuscrit est présenté tel que soumis à la revue *Aphasiology*. Edith Durand est l'auteure principale de ce document pour avoir réalisé la majeure partie de l'élaboration du protocole comportemental, le recrutement des participants, l'administration des thérapies, la collecte des données, l'analyse des résultats, la recension des écrits et la rédaction de l'article. Ana Inés Ansaldo,

directrice de thèse, a participé à l'élaboration du protocole expérimental, révisé, corrigé et bonifié les différentes versions du manuscrit.

Le deuxième article est inséré au chapitre 4 de cette thèse. L'article est intégré tel que publié en 2018, dans le journal *Neural Plasticity*. Edith Durand est l'auteure principale de cet article pour avoir réalisé la majeure partie de l'élaboration du protocole comportemental et de neuroimagerie, le recrutement des participants, l'administration des thérapies, la passation des examens en neuroimagerie, la collecte des données, l'analyse des résultats de neuroimagerie, la recension des écrits et la rédaction de l'article. Pierre Berroir a participé à une partie des analyses des données neurofonctionnelles, en dessinant les masques de lésions des participants. Ana Inés Ansaldo, directrice de thèse, a révisé, corrigé et bonifié les différentes versions du manuscrit. Elle a aussi participé à l'élaboration et au déroulement de cette étude.

La troisième étude, insérée au chapitre 6 de cette thèse, présente les résultats de l'analyse en connectivité fonctionnelle auprès de quatre participants avec aphasie et présentant une anomie des verbes modérée à sévère et de quatre participants contrôles appariés. Edith Durand est l'auteure principale de ce manuscrit pour avoir réalisé la majeure partie de l'élaboration du protocole comportemental et de neuroimagerie, le recrutement des participants, l'administration des thérapies, la passation des examens en neuroimagerie, la collecte des données, l'analyse des résultats de neuroimagerie, la recension des écrits et la rédaction intégrale du manuscrit. Anna Sontheimer a participé à la méthodologie d'analyse des données neurofonctionnelles, notamment sur le pré-traitement des données de patients avec lésion neurologique ainsi que le traitement et les analyses statistiques en connectivité fonctionnelle. Michèle Masson-Trottier a réalisé une partie de la revue de littérature concernant les études sur les thérapies en aphasie utilisant les analyses en connectivité fonctionnelle. Ana Inés Ansaldo, directrice de thèse, a révisé, corrigé et bonifié les différentes versions du manuscrit.

Chapitre 1 - Introduction

Cette partie introductive permettra de situer notre travail dans le cadre théorique d'un modèle définissant le handicap et les objectifs d'une intervention en orthophonie, de définir l'aphasie et l'anomie des verbes et de dresser une perspective des théories ciblant les verbes d'action. À partir de ces fondements théoriques, nous explorerons les aspects qui ont été incorporés et testés dans certaines thérapies ciblant l'anomie des verbes jusqu'à présent, pour exposer la logique d'élaboration de la thérapie Personalized Observation Execution and Mental imagery (POEM) et le plan d'études proposé.

A. L'aphasie et handicap du langage et de la communication

I. Définition et étiologie de l'aphasie

L'aphasie est traditionnellement définie comme un trouble du langage survenant suite à une lésion cérébrale focale dans l'hémisphère gauche en l'absence d'une atteinte sensorielle ou motrice, d'une déficience intellectuelle ou d'un trouble psychiatrique (Hallowell & Chapey, 2008; Papathanasiou, Coppens, & Davidson, 2017). L'aphasie peut aussi résulter d'autres conditions, telles qu'un traumatisme crânio-cérébral (TCC), une tumeur ou une maladie neurodégénérative (Chomel-Guillaume & Leloup, 2010). En fait, le langage est une fonction de haut-niveau appuyée par un réseau d'aires distribuées dans le cerveau (Friederici, 2011; D. Saur et al., 2008). Ainsi, le tableau clinique de l'aphasie résulte d'un dysfonctionnement cérébral altérant le traitement du langage (Joanette, Ansaldo, Lazaro, & Ska, 2018).

Les difficultés de langage dans l'aphasie peuvent être manifestes dans toutes les composantes langagières (phonologie, morphologie, lexicale, syntaxe) et à travers toutes les modalités, soit orales (compréhension ou expression) ou écrites (lecture et écriture). Les personnes avec aphasie représentent donc une population hétérogène quant aux symptômes cliniques pouvant être manifestés, avec des profils individuels qui diffèrent notamment suivant la localisation et l'importance de la lésion.

La cause la plus fréquente de l'aphasie est un accident vasculaire cérébral (AVC) (Hallowell & Chapey, 2008). Selon les statistiques épidémiologiques, la majorité des AVC (62%) sont d'origine ischémique, c'est-à-dire suite au blocage d'un vaisseau sanguin, tandis que les AVC d'origine hémorragique, c'est-à-dire consécutif au saignement d'un vaisseau sanguin cérébral sont retrouvés en proportion plus faible (Flowers et al., 2016). L'AVC peut entraîner des dommages dans les zones de traitement du langage, principalement lorsqu'il survient dans l'hémisphère gauche.

II. Épidémiologie de l'aphasie

Les études épidémiologiques montrent que l'aphasie survient le plus souvent suite à un AVC et figure parmi les séquelles les plus invalidantes de ce dernier (Lam & Wodchis, 2010). Les données indiquent que 20 à 40% des victimes d'un AVC sont atteintes d'aphasie (Berthier, 2005; Engelter et al., 2006 ; Flowers et al., 2016). L'incidence des AVC au Canada est estimée à 62 000 nouveaux cas chaque année et une prévalence d'environ 405 000 Canadiens et Canadiennes vivraient avec les séquelles d'un AVC, dont 100 000 vivant avec une aphasie chronique (Heart & Stroke, 2019).

L'aphasie reste une pathologie relativement méconnue du grand public parmi les pathologies neurologiques, alors que sa prévalence s'avère être similaire à celle retrouvée dans d'autres conditions neurologiques telles que la maladie de Parkinson (Berthier, 2005). En revanche, les conséquences de l'aphasie sont les plus délétères sur la qualité de vie par rapport aux autres maladies dont les suites d'un cancer, la maladie de Parkinson ou la maladie d'Alzheimer (Lam & Wodchis, 2010). La progression démographique actuelle, marquée par le vieillissement des populations, va mécaniquement augmenter le nombre d'AVC puisque 76% d'hospitalisations se font suite à un AVC pour des personnes âgées de 60 ans et plus (Wielgosz et al., 1999). Étant donné la prévalence des aphasies suite à un AVC et les conséquences délétères vécues par les personnes victimes d'aphasie, les besoins en réhabilitation de ces personnes sont à considérer dans une perspective de santé publique. Dans cette même perspective, les études montrent que les personnes avec aphasie restent plus longtemps hospitalisées comparativement aux personnes victimes d'AVC sans aphasie (Ellis, Simpson, Bonilha, Mauldin, & Simpson, 2012). De plus, le coût

des séjours s'avère plus important en regard de cette durée de séjour, mais aussi des coûts engendrés par les troubles requérant davantage de temps et de professionnels pour remédier aux déficits (Ellis et al., 2012). Enfin, de retour à leur quotidien, les personnes avec aphasie vivent des difficultés en lien avec les séquelles tant physiques qu'au niveau de la communication persistantes au stade chronique. Elles ont besoin de services, incluant des interventions en orthophonie pour parvenir à une communication fonctionnelle. Dans un tel contexte, il apparaît donc primordial et urgent de développer des thérapies efficaces optimisant les capacités de communication de personnes avec aphasie pour favoriser une récupération rapide et éviter l'isolement social et le vécu de handicap.

III. Les conséquences de l'aphasie sur la qualité de vie

Suite à l'AVC, trois phases de récupération sont généralement distinguées : la phase aigüe, suivie de la phase subaigüe ainsi que la phase chronique. La phase aigüe commence au moment de l'AVC et se poursuit jusqu'à quelques jours après l'accident. Durant cette période et dépendamment du volume et la localisation de la lésion, la personne peut retrouver rapidement une grande partie de ses capacités langagières (Dorothee Saur et al., 2006). Cette phase est suivie de la phase subaigüe qui peut durer jusqu'à quelques semaines. Elle correspond généralement au moment où la personne entre en réadaptation. Enfin, la phase chronique est généralement située un an après l'AVC (Dorothee Saur et al., 2006). Ces trois phases sont associées avec la récupération et seront décrites en lien avec la plasticité cérébrale dans la partie IV.

Dans le décours de ces phases, les manifestations langagières peuvent s'inscrire sur le versant expressif comme réceptif, dans la modalité orale ou écrite (Chomel-Guillaume & Leloup, 2010). Cet ensemble de manifestations interfère profondément avec la capacité de la personne à établir et à soutenir une communication avec autrui (Papathanasiou et al., 2017). Comme le soulignent Joannette et al. (2018), l'aphasie frappe au moins deux fois : la première parce que l'aphasie interfère avec la capacité de communiquer avec autrui et la seconde parce que la personne avec aphasie ne peut pas communiquer avec autrui la souffrance vécue.

Les conséquences de l'aphasie sont multiples, incluant notamment un impact sur la personne dans son auto-perception, dans les relations qu'elle peut entretenir avec ses proches et son entourage, ou encore dans sa participation dans le domaine professionnel. Plusieurs modèles ont été développés afin de rendre compte des impacts psychologiques, sociaux et biologiques des pathologies en général. Ces modèles dits « bio-psycho-sociaux » sont essentiels pour planifier l'intervention menée par les professionnels de santé auprès de la personne accompagnée. Parmi ces modèles, le Modèle de Développement Humain – Processus de Production du Handicap (MDH-PPH) de Fougeyrollas et al. (1998) propose une définition du handicap correspondant à une réduction de la réalisation ou à l'incapacité à réaliser des habitudes de vie résultant de l'interaction entre les facteurs personnels (déficiences, incapacités et autres caractéristiques personnelles) et les facteurs environnementaux (Fougeyrollas, Cloutier, Bergeron, Côté et St-Michel, 1998).

Si on resitue les troubles du langage dans cette perspective, ils sont de nature à réduire ou entraver la réalisation des habitudes de vie, à savoir les activités courantes et les rôles sociaux de la personne avec aphasie. Les troubles du langage consécutifs à l'aphasie peuvent donc induire des situations de handicap pour les personnes avec aphasie, lors de leurs interactions avec leur environnement. Au Canada, une étude menée sur une large cohorte de personnes vivant dans des établissements de soins de longue durée ($n = 66\ 193$) a d'ailleurs comparé l'impact de 60 maladies et de 15 affections sur la qualité de vie des personnes atteintes (Lam & Wodchis, 2010). Selon cette étude, l'aphasie présentait l'impact négatif le plus important sur la qualité de vie des personnes atteintes, suivie par le cancer et la démence de type Alzheimer. De plus, les personnes avec aphasie portaient un jugement sur leur qualité de vie moins bon que celui des personnes victimes d'AVC sans aphasie notamment en termes d'indépendance, de relations sociales et d'accès à des aspects de leur environnement (Lam & Wodchis, 2010).

L'aphasie a un impact sur la réalisation des habitudes de vie selon le modèle MDP-PPH. Elle est donc source de handicap ayant un impact négatif sur la qualité de vie de la personne atteinte (Flowers et al., 2016; Koleck et al., 2017 ; Le Dorze & Brassard, 1995; Worrall & Holland, 2003 ; Worrall et al., 2010). Toutefois, ce modèle étant général, il

apparaît pertinent de considérer un modèle plus spécifique à l'aphasie. Les aphasiologistes ont déterminé un cadre permettant d'intégrer cet ensemble de répercussions dans un modèle nommé Aphasia: Framework for Outcome Measurement (A-FROM) présenté en Figure 1 (Kagan, 2011; Kagan et al., 2008). Ce modèle permet à la fois de connaître et d'intégrer les impacts de l'aphasie sur la vie d'une personne atteinte, mais aussi pour le clinicien de situer l'approche thérapeutique choisie.

Le modèle A-FROM (Figure 1; Kagan (2011); Kagan et al. (2008)) présente l'aphasie au cœur d'une interaction entre la sévérité des troubles du langage d'une personne, son identité personnelle, sa participation dans la vie quotidienne et l'ensemble des facteurs de son environnement. En connaissance de l'ensemble de ses difficultés potentielles et en lien avec les besoins de la personne avec aphasie, les orthophonistes peuvent alors choisir le type d'interventions à privilégier. Les thérapies en orthophonie pourront cibler l'une de ces sphères par des interventions spécifiques, avec l'avantage d'une contribution potentialisée sur les autres sphères. Pour exemple concret, une intervention portant sur l'anomie, telle que développée dans cette thèse, aura un impact sur les capacités de langage de la personne atteinte avec pour but ultime de faciliter les échanges avec les personnes de son entourage dans les situations quotidiennes. Cette intervention centrée sur le trouble aura donc pour but ultime l'amélioration de sa qualité de vie.

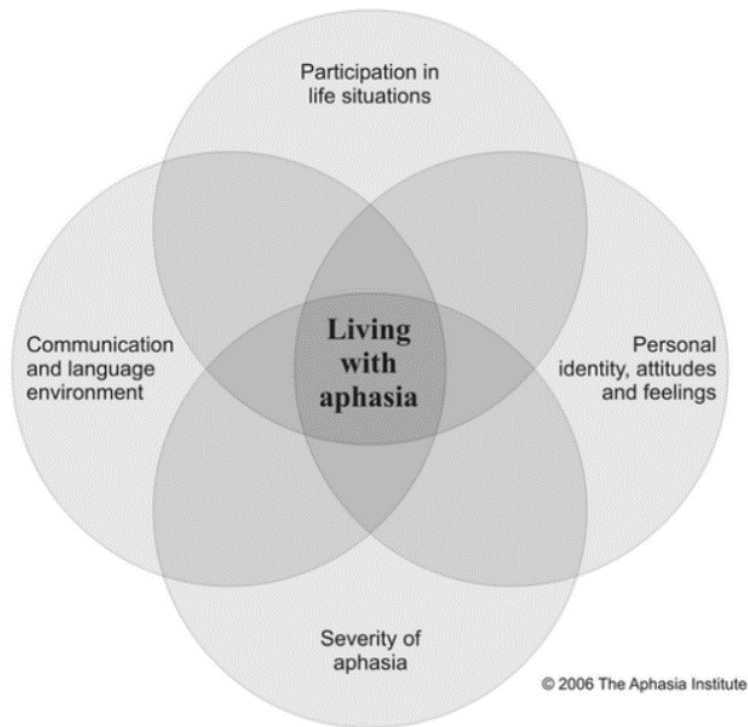


Figure 1: Modèle A-FROM de Kagan (2011); Kagan et al. (2008)

B. L'anomie : le symptôme central dans l'aphasie

L'aphasie apparaît comme l'un des syndromes neurologiques ayant suscité le plus de tentatives de classifications (Viader, 2015). Celle la plus utilisée de nos jours est la classification proposée par Harold Goodglass and Kaplan (1972). La sémiologie des différents tableaux cliniques d'aphasie est présentée en annexe 1. La principale distinction s'opère entre deux grands types d'aphasie : les aphasies fluentes et les aphasies non fluentes, le critère de fluence désignant la capacité à produire de façon plus ou moins fluide des énoncés. Néanmoins, nous pouvons souligner ici que, parmi tous les symptômes présentés dans l'aphasie, le symptôme invariablement présent est l'anomie, tel que présenté dans la Figure 2.

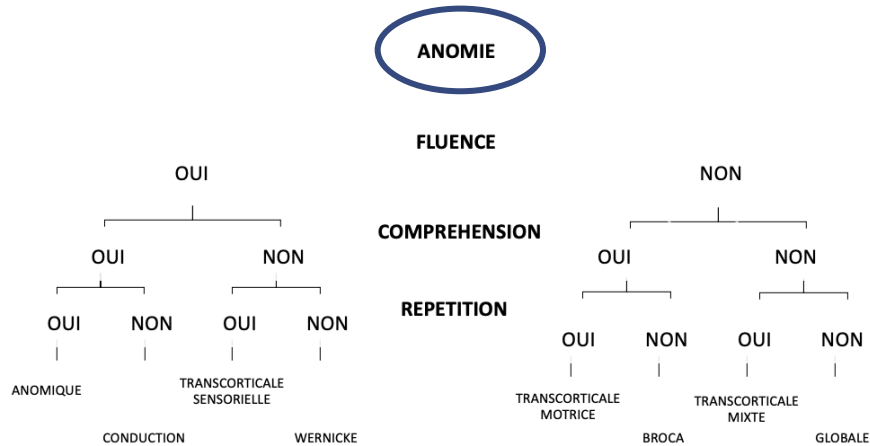


Figure 2 : Adaptation française de la classification de Helm-Estabrooks and Albert (2004)

I. Définition et manifestations cliniques

Le symptôme le plus fréquent et le plus persistant entre les différents types d'aphasie est l'anomie, ou manque du mot, qui se manifeste par l'incapacité ou des difficultés à récupérer en mémoire à long terme les mots nécessaires pour désigner des concepts, alors même que ces mots sont connus (Goodglass & Wingfield, 1997; Goodglass, 1993). Certaines personnes vivant avec une aphasie à la suite d'un AVC peuvent d'ailleurs demeurer, au terme de leur processus de récupération, avec une anomie persistante comme seul symptôme résiduel (Goodglass & Wingfield, 1997). Selon la définition de Harold Goodglass and Kaplan (1972), l'anomie est le terme strictement utilisé pour désigner une difficulté à retrouver des mots qui ont un référent conceptuel. L'anomie ne réfère donc pas à la seule difficulté à produire des morphèmes grammaticaux ou encore à programmer ou articuler lors de la production de parole (Harold Goodglass & Wingfield, 1997).

Les manifestations de l'anomie dans les productions des personnes avec aphasie peuvent être les suivantes : un délai dans la réponse, des hésitations, des circonlocutions, la formulation de mots vagues, ou une absence de réponses ou la production de paraphrasies (Chomel-Guillaume & Leloup, 2010; Harold Goodglass & Wingfield, 1997; N. Martin, 2017; Pillon & de Partz, 2003). Les paraphrasies sont des transformations de mots qui peuvent être de plusieurs natures. Ainsi, une paraphrasie sémantique désigne la production d'un mot sémantiquement relié à la cible (ex : « pleuvoir » pour arroser). Une paraphrasie

phonémique correspond à l'ajout, omission, ou substitution de phonèmes à l'intérieur d'un mot (ex. « argroser » pour arroser). Une paraphasie verbale est la production d'un autre mot de la langue, mais qui n'est ni relié sémantiquement ni relié phonologiquement à la cible (ex : « croix » pour arroser). Une paraphasie verbale formelle renvoie à la production d'un mot ayant un lien morphologique avec la cible (ex. « morose » pour arroser). Enfin, un néologisme désigne une transformation phonémique sévère aboutissant à la production d'un énoncé respectant les règles phonologiques de la langue mais n'ayant aucun sens (ex. « safag » pour arroser).

Le mot n'est pas effacé du lexique de la personne atteinte, mais son accès est difficile (Harold Goodglass & Wingfield, 1997). L'anomie est retrouvée comme séquelle persistante de l'aphasie dans les stades chroniques (Harold Goodglass & Wingfield, 1997). Elle perturbe fréquemment le discours et entrave la communication dans les échanges interpersonnels, notamment avec les partenaires de communication privilégiés que sont les proches (Macoir, 2012; Marcotte, Vitali, Delgado, & Ansaldo, 2006).

II. L'anomie des verbes

Parmi les types de mots touchés, l'anomie peut donc toucher les noms, mais aussi les verbes. Des nombreuses études débutées dans les années 1980 ont d'ailleurs eu pour objet la dissociation entre anomie des noms et anomie des verbes retrouvée chez les personnes avec aphasie. Certaines études retrouvaient significativement plus de difficultés avec les verbes (Bastiaanse & Jonkers, 1998 ; Breedin, Saffran, & Schwartz, 1998 ; Jonkers & Bastiaanse, 1996), tandis que d'autres retrouvaient significativement plus de difficultés avec les noms (Rita Sloan Berndt, Burton, Haendiges, & Mitchum, 2002 ; R. S. Berndt, Mitchum, Haendiges, & Sandson, 1997; Breedin et al., 1998 ; Miceli, Silveri, Villa, & Caramazza, 1984; Zingeser & Berndt, 1990). Cette dissociation a même été érigée en un des symptômes distinctifs pour permettre la classification des aphasies (Harold Goodglass & Kaplan, 1972). Or, une revue de la littérature portant sur 38 études menée par Mätzig, Druks, Masterson, and Vigliocco (2009) a permis de mettre en évidence que la dissociation noms/verbes n'était pas aussi régulière et symptomatique parmi les types d'aphasie. En outre, le déficit de dénomination des verbes est plus fréquent (85% des 280 individus

inclus dans les études) que le déficit de dénomination des noms, sans correspondance claire avec un type d'aphasie. Une étude menée par Rofes, Capasso, and Miceli (2015) a par ailleurs mis en évidence que le déficit portant sur les verbes avait un impact négatif sur la communication au quotidien.

Ce constat nous a conduit à nous intéresser à l'anomie des verbes dans le cadre de ce travail doctoral. Il est important de pouvoir évaluer le niveau de sévérité de l'anomie et de cibler les processus altérés avant l'intervention, pour appréhender la ou les possibles causes de l'anomie, en vue d'administrer une intervention efficace. Cette évaluation s'appuie sur des modèles théoriques dont les modèles cognitifs de production du mot.

III. Modèles cognitifs généraux de la production du mot

Aborder les troubles du langage présentés par les personnes avec aphasie sous l'angle cognitif consiste à s'interroger sur les processus mentaux de traitement de l'information dont l'altération pourrait expliquer les différentes manifestations (N. Martin, 2017; Pillon & de Partz, 2003). Des modèles ont pu être développés en linguistique et psycholinguistique ciblant les processus mentaux impliqués dans la production de mots, et les modèles de production de mots les plus utilisés actuellement restent les modèles d'inspiration cognitiviste. Les approches cognitivistes s'appuient notamment sur le principe de la modularité impliquant qu'une fonction cognitive est décomposable en modules ou niveaux et sur le principe de transparence (Fodor, 1983). Ce principe permet, à partir de la réponse donnée à une tâche, de déduire de façon transparente si le traitement a été complété ou la performance amputée d'un ou plusieurs modules. Ainsi, dans une tâche de dénomination sur support imagé, la production d'une paraphasie serait le résultat d'un traitement dont un niveau serait déficitaire.

Comme le travail doctoral porte sur le processus de dénomination à partir d'un stimuli, notamment visuel, en ce qui concerne la thérapie, le modèle d'étude du système lexical le plus classiquement utilisé est celui de Hillis and Caramazza (1995) présenté en Figure 3. Il existe plusieurs niveaux de traitement à partir d'un stimuli présenté visuellement, par exemple, incluant la reconnaissance du stimuli, le traitement sémantique, le choix dans le

lexique phonologique et la production du mot. Ces niveaux doivent être intacts pour soutenir une performance normale. Cependant, même si les niveaux sont généralement reconnus à travers les modèles, tous ne s'accordent pas sur les connections entre les niveaux.

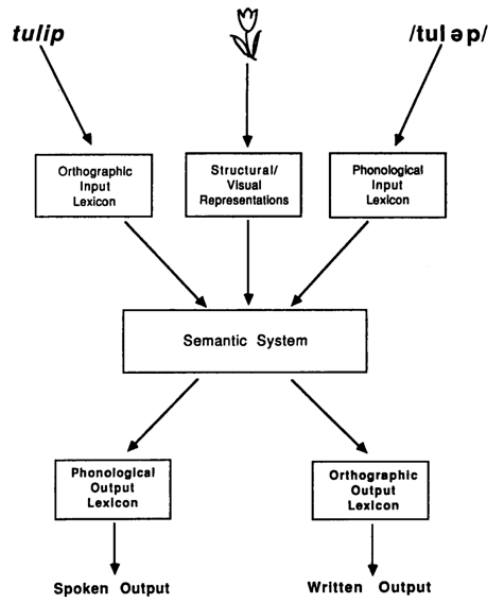


Figure 3: Modèle du système lexical par Hillis and Caramazza (1995)

Ainsi, les modèles psycholinguistiques construits dans le courant cognitiviste sont de deux types : les modèles discrets de production de mots et les modèles interactifs de production de mots. Ils se distinguent principalement par deux paramètres : la directionnalité de l'activation et la continuité du flot d'activation (N. Martin, 2017). La directionnalité consiste en la direction des échanges entre les différents niveaux, si des rétroactions provenant des niveaux inférieurs sont possibles dans le modèle, alors on parle d'interaction. Le flot d'activation peut se faire en cascade, de façon continue d'un niveau à l'autre, ou se faire en série, avec un certain niveau d'activation nécessaire pour passer à l'autre niveau.

Ainsi, les modèles sont dits discrets quand plusieurs niveaux distincts sont impliqués, indépendamment les uns des autres, sans interaction entre les niveaux. Lors d'une tâche de dénomination, l'activation se propage de façon unidirectionnelle. Dans ce type de modèle, un certain niveau d'activation est nécessaire pour passer au niveau suivant. Le

modèle proposé par Levelt (1989), présenté en Figure 4a, est un modèle discret typique de production de mots incluant :

- un niveau conceptuel qui réfère à un réseau de connaissances sur les éléments concrets et abstraits,
- un niveau de représentation lexico-sémantique, avec par exemple, pour le mot « chat » à produire, les traits sémantiques spécifiques du chat (animal, fourrure, moustache) seront activés,
- un niveau de sélection de la forme lexicale ou dictionnaire mental associé aux traits sémantiques, où les mots synonymes (*minou*) ou sémantiquement proches (*chien*) peuvent être activés,
- un niveau d'encodage phonologique permettant le choix et l'ordonnancement des phonèmes en vue de la production du mot sélectionné.

Dans ce modèle, les processus de traitements sémantique et phonologique n'interagissent pas entre les différents niveaux, et l'activation est sérielle.

Les modèles interactifs ont été proposés pour expliquer les erreurs observées chez certaines personnes avec aphasie. Ces modèles reprennent la même organisation en niveaux discrets, mais l'activation d'un niveau n'est plus conditionnelle à l'activation d'un niveau précédent, elle est en cascade. De plus, elle se propage à travers les différents niveaux avec des possibilités de retour inter-niveaux. Le modèle Interaction Activation proposé par Dell (1986), présenté en Figure 4b, constitue un modèle interactif de référence. Ce modèle appuyé sur les manifestations présentées par les personnes avec aphasie semble être davantage relié à la clinique.

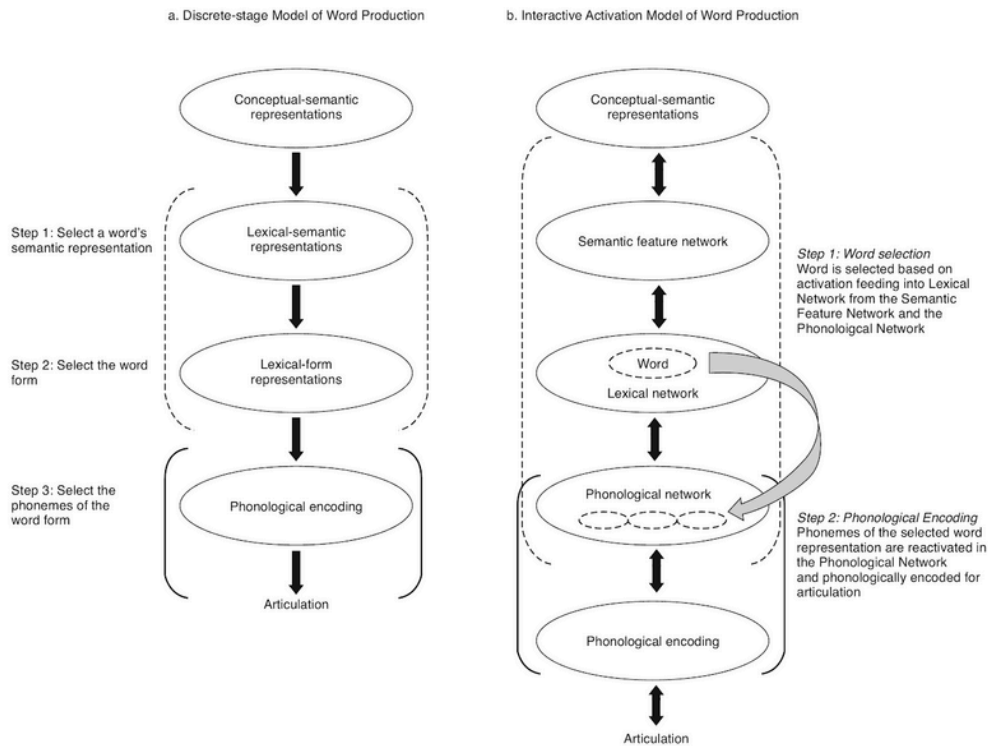


Figure 4 : Comparaison d'un modèle discret de production de mots et d'un modèle d'activation interactive de production de mots (N. Martin, 2017)

Pour une perspective sur une tâche plus concrète de dénomination intégrant les verbes, le modèle interactif Restricted Interaction Activation (RIA) proposé par Goldrick and Rapp (2002) est intéressant. Ce modèle, présenté en figure 5, a l'avantage d'intégrer l'interaction entre les niveaux lexicaux et syntaxiques uniquement, en incluant une activation en cascade. Ainsi, le processus débute par l'activation de traits sémantiques associés à un concept lexical. L'activation de ces traits s'étend aux niveaux lexical et syntaxique, où les voisins sont aussi activés. Le premier stade s'arrête lors de la sélection de l'unité lexicale la plus activée. Le deuxième stade est enclenché, et contrairement aux modèles discrets, les autres items lexicaux peuvent être activés au niveau phonémique. Cette proposition dans le modèle le qualifie de modèle interactif, mais restreint entre les niveaux lexicaux et phonémiques. Ce type d'interaction explique bien les paraphrasies sémantiques et phonologiques. D'après ce modèle, une thérapie qui sur-stimule la sémantique devrait avoir pour conséquence une activation lexicale accrue, mais aussi une

activation phonémique accrue et être bénéfique pour le niveau de programmation articulatoire.

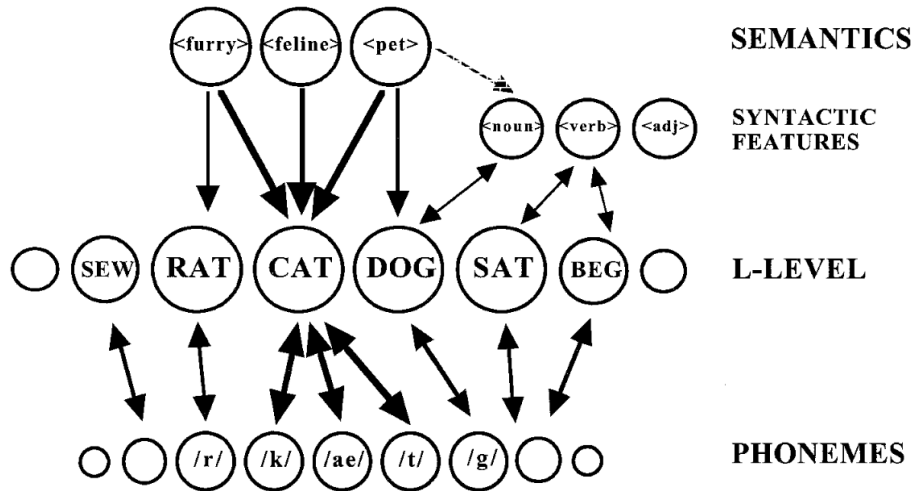


Figure 5: Le modèle Restricted Interactive Activation par Goldrick and Rapp (2002)
L'interaction entre le niveau lexical et le niveau phonologique est représenté par la bidirectionnalité des flèches.

Dans le cadre de ce travail, nous ciblons des verbes d'action en contexte de dénomination isolée (pas dans une phrase) et à la forme infinitive. En effet, dans certaines aphasies, telle que l'aphasie de Broca, il existe un agrammatisme désignant notamment une difficulté à utiliser les marqueurs syntaxiques. Comme nous souhaitons favoriser la production du verbe, au-delà de la contrainte des marqueurs syntaxiques, et cibler l'anomie du verbe sans la dimension syntaxique, nous avons choisi la forme infinitive. Selon Viggliocco (2011), la forme infinitive du verbe permet d'isoler l'aspect lexical du verbe. Par ailleurs, notre travail sur l'action exige une prise en compte de la temporalité, désignant l'aspect progressif d'une action. Or, le français ne dispose pas, au contraire de l'anglais avec le présent continu, de morphologie flexionnelle exprimant l'aspect progressif (Lachaux, 2005). La périphrase « être en train de » a évolué sémantiquement pour traduire de nos jours l'aspect progressif d'une action, au point d'être désormais conventionalisée et uniquement compatible avec des verbes (Do-Hurinville, 2007). En utilisant la périphrase « être en train de » et en favorisant la forme infinitive du verbe d'action, le niveau lexical dans le processus de dénomination est ciblé.

IV. Les niveaux d'atteinte dans les anomies

La compréhension des causes et des mécanismes sous-jacents à l'anomie est possible grâce à l'identification de l'origine des troubles. L'anomie est évaluée minimalement par une tâche de dénomination permettant à l'orthophoniste de décrire la nature des erreurs en fonction d'un modèle théorique et d'identifier le ou les niveaux atteints. L'analyse de la nature des erreurs relevées lors de la tâche de dénomination permet ainsi d'identifier le niveau d'atteinte et de mieux cibler l'intervention. Cependant, comme mentionné ci-avant, la thérapie sémantique a l'avantage de stimuler l'ensemble de la chaîne de production selon le modèle de Goldrick and Rapp (2002), pour peu que la personne ait un niveau de représentation sémantique et une programmation articulatoire préservés. Un ensemble de thérapies ciblant la récupération de la capacité à nommer des verbes ont été développées en lien avec les modèles cognitifs évoqués (voir supra).

V. Les thérapies de l'anomie des verbes

Avant de développer plus avant les thérapies ciblant l'anomie des verbes, nous allons redéfinir brièvement les mesures des effets d'une thérapie ainsi que la généralisation des effets d'une thérapie. Ces termes seront ensuite utilisés pour comparer les thérapies.

a. Définitions préalables

i. Mesures des effets, de l'efficacité et de l'efficacité d'une thérapie

Dans le contexte d'une intervention ciblant l'anomie, il est important de choisir des thérapies dites efficaces, c'est-à-dire garantissant un effet non seulement sur les items entraînés en séance, mais avec un potentiel de généralisation aux items non entraînés, au discours et à la communication fonctionnelle (Janet Webster, Whitworth, & Morris, 2015). L'orthophonie, comme une majorité des professions de santé, s'oriente vers la pratique basée sur les données probantes (American Speech-Language-Hearing Association, 2005; Maillart & Durieux, 2014). Cette pratique consiste en l'intégration des meilleures preuves d'efficacité en recherche, de l'expertise clinique ainsi que des valeurs de la personne traitée (Sackett, 1997). Pour délivrer les meilleures thérapies, les orthophonistes se

réfèrent aux preuves d'efficacité des thérapies. Il convient donc, dans ce contexte, de bien définir ce que recouvre le terme d'efficacité.

Dans le cadre de cette thèse, nous avons choisi de suivre la définition d'efficacité donnée par Robey (2004). Selon cet auteur, l'efficacité d'une intervention est la mesure de l'amélioration obtenue suite à l'application d'une thérapie dans des conditions optimales et contrôlées pour obtenir la meilleure amélioration possible, auprès d'une population volontaire. L'efficacité se distingue de l'efficience, qui est une mesure de l'amélioration obtenue suite à l'application d'une thérapie dans des conditions normales, non contrôlées, auprès d'une population tout-venant ayant besoin d'une thérapie. Afin de mesurer l'efficacité puis l'efficience d'une intervention, Robey (2004) a proposé un modèle en cinq phases distinctes.

La première phase consiste à déterminer les hypothèses à propos de l'efficacité d'une thérapie et à mesurer les effets de cette thérapie auprès d'un petit échantillon de personnes. La phase II est enclenchée si les résultats de la phase I sont prometteurs, alors l'hypothèse de recherche est affinée, la population cible est spécifiée, le protocole est standardisé et appliqué à un petit échantillon pour déterminer les paramètres idéaux d'application. En phase III, la thérapie est appliquée selon un protocole d'études randomisées contrôlées, incluant donc une condition contrôle, pour mesurer l'efficacité de la thérapie. En phase IV, la thérapie est donnée dans des conditions standards (avec des cliniciens et une population clinique tout venant), et non pas « idéales », avec de grands échantillons. Cette phase permet de mesurer les effets de la thérapie en conditions standard, c'est-à-dire l'efficience dans la définition de Robey (2004). Enfin, la phase V constitue une phase de mesure de l'efficience en tenant compte des coûts-bénéfices, incluant des mesures de satisfaction des clients.

ii. Généralisation des effets d'une thérapie

La généralisation est un concept clé en orthophonie, car l'ultime but d'une thérapie est que la personne présentant des troubles du langage et de la communication puisse utiliser les moyens développés en thérapie dans son quotidien (Coppens & Patterson, 2018; C. K. Thompson, 2006). Or, le concept de généralisation correspond à plusieurs variables dans

la littérature sur les effets des thérapies, tel que le pointe la revue de littérature de Janet Webster et al. (2015). En effet, diverses mesures sont utilisées à travers les études pour la généralisation, par exemple, une mesure de l'amélioration des verbes suite à l'application d'une thérapie portant sur les noms (Lai, Silkes, Minkina, & Kendall, 2019) ou encore une mesure de l'amélioration du discours suite à l'application d'une thérapie sur les verbes (Marangolo, Cipollari, Fiori, Razzano, & Caltagirone, 2012). Face à ces divergences, Webster et al. (2015) ont proposé une structure de mesures de la généralisation distinguant la généralisation intra-niveaux et la généralisation inter-niveaux en rapport avec des niveaux linguistiques, c'est-à-dire : lexique, syntaxe, discours (Janet Webster et al., 2015). Ainsi, la généralisation intra-niveaux correspond à la mesure des effets d'une thérapie au niveau linguistique correspondant au niveau travaillé, par exemple, pour mesurer la généralisation intra-niveaux d'une thérapie portant sur l'anomie des verbes travaillée à l'aide de verbes isolés, la mesure portera sur la production de verbes isolés qui n'ont pas directement été ciblés en thérapie. La généralisation inter-niveaux correspond à la mesure des effets d'une thérapie à d'autres niveaux linguistiques. En reprenant le même exemple de thérapie ciblant l'anomie des verbes travaillée à l'aide de verbes isolés, la généralisation inter-niveaux mesurera les effets de la thérapie au niveau de la production de phrases, de discours, de communication écologique.

La généralisation intra-niveaux est particulièrement importante car elle est la preuve de l'acquisition des stratégies travaillées en thérapie (Nickels, 2002). L'étude de Goldberg, Haley, and Jacks (2012) a d'ailleurs démontré que l'amélioration était liée à un travail sur des stratégies avec des personnes avec aphasie.

Ces définitions étant données, nous nous intéressons à présent aux thérapies ciblant l'anomie des verbes. En fait, il est notable que de nombreuses études ont porté sur l'anomie des noms, mais peu ont ciblé l'anomie des verbes (Conroy et al., 2006 ; Webster et Whithworth, 2012). Ce constat est d'autant plus surprenant que le déficit des verbes est plus fréquent que celui de noms (voir supra) et que les verbes jouent un rôle pivot dans la construction de la phrase (Bastiaanse & Jonkers, 1998; Conroy, Sage, & Lambon Ralph, 2006; Rofes et al., 2015).

b. Les approches de l'anomie des verbes

Il existe plusieurs approches thérapeutiques pour traiter l'anomie des verbes. La revue de littérature de J. Webster and Whitworth (2012) montre qu'une thérapie ciblant la récupération de la capacité à nommer des verbes dans le contexte de mot isolé est aussi efficace qu'une thérapie utilisant le contexte de la phrase. Partant de ce constat, nous avons pris le parti de nous intéresser aux thérapies traitant le verbe dans le contexte de mot isolé.

Cette revue de littérature J. Webster and Whitworth (2012) a également montré que les thérapies amélioraient généralement les items entraînés, mais que la généralisation aux items non entraînés était limitée. Ce constat est relayé par une récente méta-analyse montrant que la majorité des études ciblant l'anomie des verbes (85,5%) ne retrouve aucun effet de généralisation sur les verbes non entraînés (de Aguiar, Bastiaanse, & Miceli, 2016). Cela questionne sur l'acquisition des stratégies travaillées en thérapie, la généralisation intra-niveaux reflétant cette acquisition (Nickels, 2002). De plus, l'absence de généralisation limite a fortiori les effets de la thérapie dans les échanges fonctionnels au quotidien. Cela est particulièrement gênant pour les verbes, jouant un rôle central dans la construction du message (Rofes et al., 2015).

Traditionnellement, les approches d'intervention dans les cas d'anomie des verbes se sont inspirées des thérapies utilisées pour les noms. Elles peuvent être regroupées en deux axes principaux, conformément aux deux niveaux de production, lexico-sémantique et phonologique, retrouvés dans le modèle de production de mots (cf. partie II, section B de ce chapitre). Ainsi, dans les thérapies phonologiques, le protocole est basé sur des indices ou des questions concernant la forme sonore du verbe cible (par exemple, la question portant sur le phonème initial : « par quel son commence ce verbe? », la question de la rime: « par quel son finit-il? ») pour faciliter la récupération de verbes (Kristensson & Saldert, 2018; Leonard, Rochon, & Laird, 2008). Les thérapies sémantiques utilisent quant à elles des indices sémantiques et renforcent les caractéristiques sémantiques, c'est-à-dire la composante conceptuelle de base de la signification d'un mot. Ainsi, l'activation de la représentation sémantique se propage au niveau phonologique et déclenche la

récupération du mot suivant le modèle de production de mot proposé par Dell (1986) (voir Figure 4b). Ainsi, l'analyse des caractéristiques sémantiques (ACS) est une thérapie sémantique dans laquelle il est demandé au participant de générer des mots associés au mot cible afin de renforcer les caractéristiques sémantiques et de faciliter la récupération lexicale. L'efficacité de l'ACS a été prouvée sur la récupération de noms (Maddy, Capilouto, & McComas, 2014; Marcotte et al., 2012; Quique, Evans, & Dickey, 2018).

Wambaugh and Ferguson (2007) ont étudié les effets de l'ACS sur la récupération de verbes d'action auprès d'un participant présentant une aphasie anomique modérée et souffrant d'une altération mixte phonétique et sémantique. Les auteurs ont constaté une amélioration des items entraînés, mais aucune généralisation n'a été rapportée (Wambaugh & Ferguson, 2007). Faroqi-Shah and Graham (2011) ont administré une thérapie sémantique à deux participants présentant une aphasie chronique et une anomie modérée du verbe. Pour l'un des participants, il existe une amélioration sur les items entraînés, tandis que les performances de l'autre participant ne montrent aucune amélioration. De plus, aucune généralisation n'est retrouvée pour les items non entraînés (Faroqi-Shah & Graham, 2011).

Dans d'autres études, les stratégies sémantiques et phonologiques ont été combinées ou comparées (A. M. Raymer et al., 2007 ; Wambaugh, Cameron, Kalinyak-Fliszar, Nessler, & Wright, 2004; Wambaugh, Doyle, Martinez, & Kalinyak-Fliszar, 2002 ; Wambaugh et al., 2001). Dans une étude comparant le traitement par analyses de composantes phonologiques (ACP) et l'ACS, Wambaugh et al. (2004) ont constaté des profils de réponse mixtes chez cinq participants atteints d'aphasie chronique : chez deux participants, les deux traitements ont entraîné une amélioration significative de la dénomination des verbes traités, les effets étant similaires d'un traitement à l'autre. Pour les trois autres participants, l'amélioration sur les items entraînés n'a pas été significative. Aucune généralisation n'a été trouvée parmi les cinq participants à cette étude (Wambaugh et al., 2004). Dans une approche thérapeutique similaire, A. M. Raymer et al. (2007) ont évalué l'efficacité d'un traitement combinant répétition, questions phonologiques et questions sémantiques auprès de sept participants présentant une aphasie chronique et un

participant avec aphasie en phase subaiguë, tous souffrant d'anomie du verbe modérée à grave. Les résultats ont indiqué que cinq des huit participants ont présenté des améliorations significatives sur les verbes entraînés, mais aucune généralisation aux verbes non entraînés n'a été retrouvée (A. M. Raymer et al., 2007).

En somme, les résultats obtenus que ce soit suite à l'application d'une thérapie par approche phonologique, ou suite à l'application d'une thérapie par approche sémantique montrent des améliorations non concordantes entre études sur les verbes entraînés, mais aussi aucune généralisation aux items non entraînés.

c. Thérapies utilisant des stratégies sensorimotrices

Une approche plus récente pour favoriser la récupération de la capacité à dénommer les verbes est axée sur l'utilisation de stratégies sensorimotrices. Contrairement aux approches phonologiques et sémantiques traditionnelles, les approches utilisant les stratégies sensorimotrices donnent une importance prépondérante au trait sémantique propre et différentiel des verbes d'action : son aspect dynamique. La notion de stratégie sensorimotrice comporte l'intégration de la dimension dynamique de l'action incluant le geste, indice moteur ou l'observation de l'action, indice visuo-moteur différentes dimensions du verbe pour faciliter la dénomination de l'action. Nous allons présenter un ensemble de thérapies ciblant l'anomie des verbes dans un contexte de verbes isolés et utilisant des stratégies sensorimotrices. Pour plus de clarté, le tableau 1 récapitule les éléments de méthodologie et les résultats obtenus suite à l'application de thérapies utilisant des stratégies sensorimotrices. Ces études ont été collectées avec les mots-clés suivants : *anomia, verb, gesture, action observation, therapy, treatment, aphasia, stroke* en utilisant le moteur de recherche PubMed. Ensuite, nous avons sélectionné les études traitant le verbe en tant que mot isolé (et non au sein de phrases), et sans l'utilisation de supports électroniques tels que la tablette et publiées entre 1990 et 2019.

Certaines études ont examiné l'efficacité des gestes pour faciliter la récupération de la capacité à dénommer des verbes, l'hypothèse sous-jacente étant que les gestes favorisent l'activation de caractéristiques sémantiques qui déclenchent l'activation de la représentation lexicale du mot cible (Morsella & Krauss, 2004). Ainsi, Rodriguez, Raymer,

and Gonzalez Rothi (2006) ont comparé les effets de l'exécution gestuelle de l'action avant dénomination du verbe versus l'indication sémantique et phonologique avant dénomination du verbe, auprès de quatre participants avec aphasie (deux personnes en phase subaiguë et deux participants en phase chronique) présentant une anomie du verbe modérée à sévère. Les résultats n'ont montré aucune amélioration sur les verbes entraînés pour trois participants, alors que le quatrième participant a bénéficié également des deux traitements. Boo and Rose (2010) ont comparé les effets de l'exécution gestuelle et du repérage sémantique, par rapport au repérage sémantique uniquement, chez deux participants avec aphasie chronique avec anomie du verbe sévère, montrant les mêmes avantages avec les deux traitements dans les deux cas, en particulier avec les éléments entraînés, et aucune généralisation du traitement non traité. Dans une autre étude, A. M. Raymer et al. (2006) ont examiné l'effet de gestes pour améliorer la récupération de noms et de verbes dans un groupe de neuf participants, dont deux participants en phase subaiguë et sept participants en phase chronique, souffrant d'anomie modérée à sévère. Les résultats ont montré une amélioration de la dénomination des noms et des verbes entraînés pour cinq participants, mais aucune généralisation sur les mots non entraînés. De même, M. Rose and Sussmilch (2008) rapportent des résultats après traitement associant la production de gestes et la dénomination de verbes à trois participants en phase chronique présentant une anomie sévère des verbes. Les deux participants présentant un déficit lexico-phonologique ont amélioré leurs performances de dénomination d'action sur les éléments entraînés avec une amélioration significative sur les éléments non entraînés mais avec une petite taille d'effet. Le troisième participant atteint d'une déficience d'origine sémantique n'a pas du tout amélioré ses performances en dénomination (M. Rose & Sussmilch, 2008). Enfin, Carragher, Sage, and Conroy (2013) ont examiné l'efficacité d'une combinaison d'indices sémantiques, phonologiques et d'exécution de gestes pour améliorer la récupération de verbe avec neuf participants avec aphasie non fluente en phase chronique. Les preuves montrent une amélioration des items entraînés chez les participants et une amélioration des items non entraînés pour cinq des neuf participants (Carragher et al., 2013). L'ensemble de ces études utilisant le geste pour

favoriser la récupération de la capacité à dénommer l'action montre une amélioration sur les items entraînés, mais peu voire pas de généralisation.

Enfin, concernant la seule observation de l'action, Marangolo et al. (2010); (2012) ainsi que Bonifazi et al. (2013) ont pu montrer une amélioration de la récupération du verbe dans l'aphasie (Bonifazi et al., 2013; Marangolo et al., 2010; Marangolo et al., 2012). Développé à l'origine pour les patients ayant subi un AVC ayant un déficit moteur affectant les membres supérieurs, la thérapie d'observation par l'action (AOT) s'est toujours révélée efficace pour améliorer la fonction motrice (Ertelt & Binkofski, 2012; M Franceschini et al., 2010; M. Franceschini et al., 2012). Dans le domaine de la réhabilitation du langage et de la communication, Marangolo et al. (2010) ont administré l'AOT à six participants atteints d'aphasie chronique (PWA) (cinq participants post-AVC et un participant après un TCC sévère) souffrant d'anomie du verbe modérée à sévère, et ont comparé les effets de l'observation de l'action et de l'observation de l'action combinée à l'exécution du geste (Marangolo et al., 2010). Les auteurs ont constaté que la seule observation de l'action était suffisante pour faciliter la récupération du verbe (Marangolo et al., 2010; Marangolo et al., 2012). Cette découverte est importante, car elle a démontré que l'observation de l'action interagit avec le traitement du langage, induisant une modification au niveau lexical chez les patients présentant des lésions cérébrales. De plus, sa pertinence clinique concerne particulièrement les patients souffrant d'apraxie des membres qui ne peuvent pas s'engager dans des procédures nécessitant l'exécution d'une action. Malgré l'importance de ces résultats, les auteurs n'ont rapporté aucune généralisation aux éléments non entraînés. Par contre, les auteurs ont rapporté une amélioration du discours narratif et de la communication fonctionnelle (Marangolo et al., 2012). Ces améliorations sont révélatrices d'un effet de généralisation. Notons cependant que les effets rapportés par Marangolo et al. (2010); Marangolo et al. (2012) n'ont pas été répliqués dans des travaux plus récents portant sur deux participants avec aphasie chronique présentant une anomie modérée à sévère (Routhier, Bier, & Macoir, 2015).

En résumé, les études menées jusqu'à présent sont des études de cas uniques ou multiples, regroupant des populations pouvant être hétérogènes en termes d'étiologie (TCC versus

AVC pour Marangolo et al. (2010), de types d'aphasie présentées incluant des aphasies fluentes et non-fluents (Marangolo et al., 2010; A. M. Raymer et al., 2006; Rodriguez et al., 2006), mais aussi de chronicité avec des études incluant des participants en phase aiguë et subaiguë (Carragher et al., 2013; Marangolo et al., 2010 ; A. M. Raymer et al., 2006; Rodriguez et al., 2006). Les supports de présentation des verbes et l'intensité des thérapies peuvent également différer. Cet ensemble de différences sera discuté en lien avec les résultats obtenus dans nos différents travaux.

Par ailleurs, la plupart des travaux précédents (Boo & Rose, 2010; Carragher et al., 2013; A. M. Raymer et al., 2006; M. Rose & Susmilch, 2008) montrent qu'une combinaison d'observation de l'action, d'exécution de gestes, entraîne des résultats positifs avec les verbes entraînés, mais pas avec les verbes non entraînés. Enfin, les auteurs s'accordent sur le fait que des améliorations plus importantes sont observées dans les cas où la connaissance sémantique est relativement épargnée par rapport aux cas où il existe une atteinte lexico-phonologique, tandis que les améliorations sont plus rares dans les cas où l'atteinte sémantique est plus importante (Bonifazi et al., 2013; Boo & Rose, 2010; Carragher et al., 2013; Marangolo et al., 2010; Marangolo et al., 2012; A. M. Raymer et al., 2007; A. M. Raymer et al., 2006; M. Rose & Susmilch, 2008; Routhier et al., 2015) .

La méta-analyse réalisé par de Aguiar et al. (2016) sur les thérapies des verbes a confirmé que l'amélioration des verbes entraînés serait liée aux connaissances sémantiques préservées et aux capacités phonologiques épargnées. La plupart des études incluses dans cette méta-analyse ne retrouvent pas d'effet global de généralisation, avec seulement 14,5% de leur échantillon de 30 études. En excluant les thérapies utilisant des indices morphologiques, la généralisation aux verbes non entraînés était plus fréquente chez les participants avec aphasie présentant un agrammatisme et une mauvaise compréhension des noms. Les participants avec aphasie présentant un agrammatisme et une compréhension relativement élevée des noms s'améliorent mieux s'ils reçoivent moins de 2,6 séances par semaine.

En conclusion, différents moyens ont été développés pour favoriser la récupération de la capacité à dénommer des verbes, mais ces thérapies n'ont pas amené (ou rarement) à une

généralisation des stratégies employées. Face à ce constat, il semble nécessaire de s'interroger sur les moyens de favoriser la récupération de la capacité à dénommer les verbes et sur la généralisation de ces effets aux items non entraînés. Existe-t-il pour les verbes des particularités qui le rendent plus difficile d'accès ? Ces questions nous amènent à considérer la nature des verbes.

Tableau 1: Récapitulatif des éléments retenus des études portant sur l'anomie des verbes – verbes travaillés dans un contexte isolé

Année de publication	Auteurs	Nombre de participants et stades de l'aphasie	Type d'aphasie	Niveau d'anomie	Comparaison de thérapies	Support des thérapies	Rythme des thérapies Nombre d'items travaillés Total de séances effectuées	Effets sur les items entraînés Items (TI)	Taille d'effet sur les TI	Hypothèses émises sur les effets	Taille d'effet sur les items non entraînés (NTI)	Maintien des effets	Exploration fonctionnelle (type)
2017	Gili et al.	10 chr	NF	0% à 65 %	TOA avec scènes de vie quotidienne vs TOA avec gestes	Vidéos	1 séance (90 min) x 5 jours x 6 semaines Nombre d'items travaillés = selon production discursive Total = 30 séances	✓ TI pour 10/10 PaA	n/a		n/a	Non reporté	✓ (CF avec IRM – état de repos)
2015	Routhier et al.	2 chr	NF	21% à 55%	TOA vs SPT	Vidéos	3 séances (90 min) x 3 semaines N = 37 items travaillés Total = 9 séances	✓ TI suite à SPT Ø TI suite à TOA	Pas de taille d'effet pour AOT	Déficit sémantique pour ½ Déficit en mémoire de travail verbale pour 1/2	Ø généralisation	Mesure à 2 sem/ 2m : effet sur les TI jusqu'à 2 mois (1/2)	X
2013	Bonifazi et al	6 chr	NF	4% à 78%	TOA	Vidéos	4 séances (30-45 min) x 5 jours x 2 semaines N= de 52 à 120 items travaillés Total = 40 séances	✓ TI pour 4/6 PaA	Non rapporté	Déficit sémantique pour 2/6	Non reporté	Non reporté	X
2013	Carragher et al.	9 = 2 sub et 7 chr	NF	17% à 90%	SPT+Gest	Images	1 séance (60 min) x 8 semaines N= 40 items Total = 8 séances	✓ TI (8/9)	Non rapporté	Déficit sémantique	Effet sur NTI (5/9)	Mesure à 1 s et &1m Effet sur TI à 1m (7/9) Effet sur NTI à 1m (5/9)	X
2012	Marangolo et al.	7 chr	NF	3% à 64 %	TOA	Vidéos	5 séances (30-45 min) x 5 jours x 2 semaines N= 115 items travaillés Total = 50 séances	✓ TI pour 7/7 PaA	Non rapporté	Amélioration pour les PaA avec déficit lexico-phonologique	1/6 = amélioration en test de déno. 6/7 = amélioration en discours narratif	Mesure à 1 sem/ 1m/2m : effet sur les TI jusqu'à 2 mois	X
2011	Boo et al.	2 chr	NF	Severe	Sem & Sem + Gest	Images	3 séances (1h) x 2-3 jours pour un total de 10 séances/ type de thérapie N= 20 items Total = 10 séances	✓ TI avec Sem + Sem +gest	Petute taille d'effet pour Sem et Sem+ges	Déficit sémantique Pour ½ PWA	Ø généralisation	Mesure à 1m Effet sur TI avec Sem+Gest for 1/2	X

Année de publication	Auteurs	Nombre de participants et stades de l'aphasie	Type d'aphasie	Niveau d'anomie	Comparaison de thérapies	Support des thérapies	Rythme des thérapies Nombre d'items travaillés Total de séances effectuées	Effets sur les items entraînés Items (TI)	Taille d'effet sur les TI	Hypothèses émises sur les effets	Taille d'effet sur les items non entraînés (NTI)	Maintien des effets	Exploration fonctionnelle (type)
2010	Marangolo et al.	6 chr = 5 post-AVC 1 TCC	4 NF 2 F	21% à 71%	TOA vs TOA + Gest relié à l'action vs TOA + Gest non relié à l'action	Vidéos	3 séances (30-45 min) x 3 jours x 2 semaines N= de 44 à 124 items travaillés Total = 18 séances	TI pour 4/6 PaA AOT+gesture relié à l'action	Odd ratios (?)	Amélioration pour les PaA avec déficit lexico-phonologique	Non rapporté	Measure at FU1w/1m/2m Effect on TI until 2m	X
2009	Parkinson et al.	15 = 6 sub et 9 chr	10 NF 5 F	4% à 69%	Gest vs SPT	Images	3 à 5 séances / semaine pour un total de 10 séances / type de thérapie N = 20 items Total = 10 séances	Chiffres reportés uniquement en lien avec la lésion	Non reporté	N/A	Non rapporté	Non rapporté	Corrélations avec lésions identifiées sur une acquisition anatomique
2008	Rose et al.	3 chr	NF	10% à 52%	Gest + Sem	Images	3 séances (1h) x 3 jours pour un total de 20 séances / type de thérapie N= 20 items Total = 20 séances	TI (2/3)	Petite à moyenne taille d'effet selon les participants	Déficit sémantique	Ø généralisation	Non rapporté	X
2006	Rodriguez et al.	4= 2 sub et 2 chr	3 F 1 NF	7% à 79%	Gest VS SPT	Images	2-3 séances (1h) x 1 semaine pour un total de 10 séances / type de thérapie N= 20 items Total = 10 séances	TI (1/4) + SPT + Naming +GVT TI (2/4) SPT only	Large taille d'effet pour ¼ pour les TI Large taille d'effet pour la production pour 3/4	Déficit sémantique.	Ø généralisation	Non rapporté	X
2006	Raymer et al.	9= 2 sub et 7 chr	3 F 6 NF	3% à 61%	Gest	Images	3-4 séances (1h) x 1 semaine pour un total de 10 séances par type de mots (Noms et verbes) N= 20 items Total = 10 séances	TI (5/9)	Large taille d'effet	Déficit sémantique	Ø généralisation	Mesure à 1m Effet sur TI (4/5)	X

Légende des abréviations utilisées :

- Chr = aphasie au stade chronique
- Sub = aphasie au stade subaigu
- TCC= traumatisme cranio-cérébral

- F = aphasie fluente
- NF = aphasie non fluente
- Sem= Thérapie sémantique
- SPT= thérapie sémantique et phonologique
- Gest = thérapie utilisant des gestes

C. Nature du verbe

Notre objet de recherche ciblant davantage les verbes, nous pointerons tout d'abord les caractéristiques linguistiques et psycholinguistiques propres aux verbes, pour ensuite nous intéresser aux substrats neurofonctionnels propres au traitement des verbes.

Dans le cadre de ce travail, nous suivrons la définition des domaines de la linguistique, psycholinguistique et neuropsycholinguistique proposée par (J. Nespoulous, 2004; J. L. Nespoulous, 2008). La linguistique cible le « quoi » en spécifiant les propriétés structurales d'une donnée à chacun de ses niveaux d'organisation, c'est-à-dire phonologique, morphologique, syntaxique. La psycholinguistique répond au « comment » et a pour objectif de caractériser les processus cognitifs du traitement des structures linguistiques, et ce, en production comme en compréhension, à l'oral comme à l'écrit. La neuropsycholinguistique répond quant à elle à la question du « où » et cible l'identification des structures cérébrales ou réseaux neuronaux mobilisé(e)s lors du traitement cognitif de telle ou telle composante de « l'architecture fonctionnelle » du langage (J. Nespoulous, 2004; J. L. Nespoulous, 2008). Ces trois disciplines sont interdépendantes les unes des autres tels que proposé dans le schéma présenté en Figure 6 et guideront notre prochaine section.

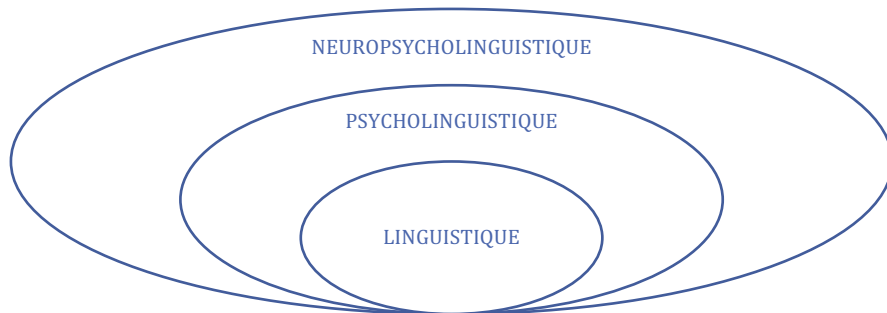


Figure 6: Schéma adapté des trois cercles des domaines de la linguistique, psycholinguistique et neuropsycholinguistique de (J. Nespoulous, 2004)

I. Perspective linguistique

En nous intéressant au *quoi* ou propriétés structurales des verbes, il apparaît que les connaissances relatives aux verbes se sont fondées le plus souvent en comparaison avec

les noms. La première raison sous-jacente la plus souvent retrouvée est de nature sémantique : les verbes référant à des actions et des états mentaux, et encodant des relations et les noms représentant des objets, même si cette dichotomie a été beaucoup discutée (Piérart & Chevrie-Muller, 2005). En lien avec les verbes en tant que représentant des actions ou états mentaux, la classification des verbes peut s'organiser selon la temporalité. Ainsi, R. Martin (1988) propose une classification des verbes opposant les verbes dynamiques et les verbes statiques. Les verbes statiques comme par exemple *être*, *exister*, *savoir*, *connaître*, *croire* excluent toute progression, ainsi ils se reconnaissent à leur incompatibilité avec la périphrase « être en train de ». Les verbes d'action marquent quant à eux une dynamique de progression. Cette différence vient du fait que les verbes d'action réfèrent à des procès qui se déroulent dans le temps, alors que les verbes statiques ne consistent pas en des phases successives et excluent toute progression entre leur début et leur fin. Les premiers sont caractérisables par le trait dynamique, les seconds par leur trait non dynamique (R. Martin, 1988). Dans notre travail doctoral, nous ciblerons uniquement les verbes d'action dynamiques.

La deuxième raison est de nature grammaticale : toutes les langues distinguent les noms et les verbes (Vigliocco, Vinson, Druks, Barber, & Cappa, 2011). À ce propos, la plupart des études sur les caractéristiques des verbes ont été menées dans les langues romanes et germaniques, à savoir en anglais, français, allemand, italien. Les verbes dans ces langues ont une complexité morphologique supérieure à celles des noms, notamment due aux désinences¹ (Conroy et al., 2006). Cependant, des différences entre les noms et les verbes ont aussi été rapportées dans des langues n'impliquant pas de différences morphologiques

¹ Désinence : une désinence est une terminaison de mot (nom, pronom, déterminant, adjectif, verbe) constituée d'un ou de plusieurs morphèmes porteurs d'indications de nombre, de genre, de personne, d'aspect, de mode ou de temps (Neveu, 2018). Pour le verbe, il s'agit des désinences indiquant le nombre et le temps, comme dans la conjugaison de *laver* à la troisième personne du pluriel et au futur : ils laver-ont (radical : laver, désinence : ont).

entre ces entités telles que le chinois (Bates, Chen, Tzeng, Li, & Opie, 1991). Il existe donc une différence de traitement linguistique sémantique propre à la dénomination de l'action.

Au niveau syntaxique, l'étude des noms et des verbes recouvre la notion de classe grammaticale. En effet, les noms sont syntaxiquement distincts des verbes. Suivant la théorie linguistique de Tesnière (1959), les noms prendront généralement valeur d'arguments ou constituants généralement nominaux associés au verbe, tandis que les verbes auront une fonction de prédicat, constituant apportant une information à propos du sujet (Neveu, 2018). Ainsi, dans « Arthur mange. », le nom Arthur est un argument en ce qu'il occupe la fonction de sujet du prédicat *manger*. D'autres verbes assurant la fonction de prédicat tels que *donner* ont une structure argumentale différente, ainsi *donner* est un prédicat acceptant un nombre d'arguments pouvant être supérieur. Pour exemple, « Arthur donne un bonbon à la fille. » décomptant alors trois arguments (Neveu, 2018). Tesnière (1959) a développé le concept de valence des verbes en empruntant ce terme au vocabulaire de chimie où il sert à désigner le nombre d'atomes dans une combinaison et a proposé la typologie suivante : verbes avalents pour les verbes impersonnels (ex : il pleut, il neige), verbes monovalents correspondant aux verbes intransitifs (ex : Alfred tombe), verbes divalents (ex : Alfred frappe Bernard) et verbes trivalents correspondant aux verbes transitifs (ex : Alfred donne un renseignement à Charles.)(Neveu, 2018).

Selon les études menées par C. K. Thompson, Ballard, Tait, Weintraub, and Mesulam (1997) et Druks and Masterson (2003), la valence est une caractéristique déterminante dans la dénomination des verbes. Ainsi, pour les personnes avec aphasie présentant un agrammatisme, les verbes à haute valence sont moins bien dénommés que les verbes à valence faible (Conroy, Sage, & Lambon Ralph, 2009; C. K. Thompson et al., 1997). Cette caractéristique de la valence du verbe rejoint la caractéristique sémantique, dans le sens où un verbe représente un évènement et met en relation des éléments de cette scène, ainsi « pousser » dans l'énoncé « Le garçon pousse le chien. » relie deux éléments : un sujet et l'objet, versus pour « donner » dans l'énoncé « Le garçon donne un jouet à la fille. » relie trois éléments : le sujet et deux objets.

Que ce soit au niveau morphologique ou syntaxique, l'aspect sémantique du verbe apparaît important dans la distinction nom/verbe. Cette conclusion rejoint celle apportée par la revue de littérature de Vigliocco et al. (2011), à savoir : les classes grammaticales noms/verbes ont un rôle uniquement lorsque la tâche requiert la production d'une phrase. Dans un contexte de dénomination de mots isolés, alors la distinction noms/verbes se réalise au niveau sémantique.

II. Perspective psycholinguistique

Avant de nous intéresser aux modèles psycholinguistiques développées pour modéliser les verbes, nous allons présenter les variables psycholinguistiques à considérer dans l'étude des verbes en raison de leurs influences dans leur traitement.

a. Les variables psycholinguistiques

Tout d'abord, selon Helen Bird, Howard, and Franklin (2003); H. Bird, Lambon Ralph, Patterson, and Hodges (2000), les verbes ont une moindre imageabilité que les noms. L'imageabilité représente la facilité avec laquelle un mot réfère à une image mentale. Selon Helen Bird et al. (2003), l'imageabilité est un facteur influençant la performance en dénomination des personnes avec aphasie. Ainsi, les auteurs ont contrôlé l'imageabilité de noms et de verbes et ont proposé une tâche de dénomination à quatre personnes avec aphasie. Les résultats ont montré qu'à imageabilité égale, les performances en dénomination de noms et de verbes étaient équivalentes. Ainsi, ce critère d'imageabilité sera à contrôler puisqu'il serait à même d'expliquer certaines des dissociations observées entre noms et verbes chez les personnes avec aphasie.

De plus, en français, les verbes sont également moins fréquents que les noms (Greidanus, 2014), de même qu'en langue anglaise (Helen Bird et al., 2003). Lors d'une tâche de description d'images par des personnes sans trouble neurologique, il a pu être montré que les verbes utilisés en description étaient généralement abstraits et de haute fréquence, tandis que les verbes concrets d'action étaient de basse fréquence et de haute imageabilité (H. Bird et al., 2000). Dans ce contexte de discours narratif, les auteurs ont montré que la dégradation des connaissances sémantiques survenant dans cette pathologie rendait la

dénomination de noms et de verbes difficile, et que les effets d'imageabilité et de fréquence étaient différents pour les noms versus pour les verbes. Les personnes avec démence sémantique perdent d'abord les mots de faible fréquence, ce qui avait pour conséquence sur le discours narratif la conservation apparente de verbes abstraits moins imageables et plus fréquents. La fréquence sera aussi à considérer dans les études sur les verbes.

Enfin, l'âge d'acquisition peut aussi être un critère influençant la dénomination. En français, les verbes sont généralement acquis plus tardivement que les noms (Dominique Bassano, 1998; D. Bassano, 2000). D'ailleurs, Kern, Chenu, and Türkay (2012) soulignent que le français, comme l'anglais est une langue dite *noun-friendly*, c'est à dire que l'ordre des mots favorise les noms placés en fin de phrase dans les structures typiques Sujet-Verbe-Objet, contrairement à des langues dites *verb-friendly* où le verbe est placé en fin d'énoncés Sujet-Objet-Verbe comme le turc et le mandarin.

b. Les modèles psycholinguistiques relatifs aux verbes

i. La perspective émergentiste versus lexicaliste versus combinatoire

Ici, nous abordons le *comment* pour caractériser les processus cognitifs du traitement des verbes. Afin de synthétiser au mieux les modèles psycholinguistiques les plus influents, nous reprendrons la synthèse schématisée extraite de Vigliocco et al. (2011). Trois perspectives sont données : lexicaliste, sémantique/pragmatique et émergentiste. Dans la perspective lexicaliste, les informations grammaticales sont récupérées automatiquement en mémoire lors de la compréhension ou de la production des phrases (Levelt, 1989). Ainsi, les informations grammaticales sont associées au mot, à l'instar des informations sémantiques et lexicales. Dans la perspective combinatoire, les catégories grammaticales sont définies suivant leurs positions syntaxiques ainsi que les affixes/suffixes qu'ils peuvent prendre. Dans la perspective émergentiste, la classe grammaticale n'appartient ni au niveau lexical ni n'apparaît en lien avec une position syntaxique, mais est une émergence de la combinaison de contraintes dont la plus importante est la contrainte sémantique. Ainsi, les noms réfèrent de façon prototypique aux objets, tandis que les verbes réfèrent aux actions. A cette contrainte sémantique, s'ajoutent la contrainte de

fréquence d'occurrence, avec en français, les noms généralement précédés par des articles et les verbes généralement en deuxième position dans les phrases dans des structures fréquentes Sujet-Verbe-Objet, et la contrainte phonologique avec des régularités phonologiques apparaissant entre les noms et les verbes.

L'ensemble des données linguistiques et psycholinguistiques pointent l'importance du sens dans le traitement des verbes, ce qui est particulièrement intéressant dans le contexte de thérapie sémantique que nous développons qui s'appuie sur les caractéristiques sémantiques des verbes pour faciliter dénomination. En lien avec les traits sémantiques des verbes, plusieurs modélisations existent dont nous présentons quelques conceptions.

ii. L'organisation sémantique des verbes

Miller and Fellbaum (1991) ont proposé une organisation lexico-sémantique taxonomique des verbes en s'inspirant du modèle taxonomique des noms de Rosch and al. (1976) avec un exemple présenté en Figure 7a. Ainsi, à l'instar des noms, les verbes sont organisés dans des structures hiérarchiques à 3 niveaux : le niveau de base, surordonné et subordonné. Les catégories se distinguent par leur niveau d'inclusion sémantique, les catégories supérieures incluant les items inférieurs (Fellbaum, 1999). Pour illustrer notre propos, l'exemple donné par Kim and Thompson (2004) présenté en Figure 7b est repris et traduit, avec au niveau surordonné, le verbe « faire », au niveau de base, les verbes « laver, nettoyer, peindre », et au niveau subordonné pour « nettoyer », les verbes « récurer, frotter, dépoussiérer ». Ainsi, les verbes du niveau subordonné intègrent le même concept relié au nettoyage dans l'exemple, mais se distinguent par des traits sémantiques spécifiques (Kim & Thompson, 2004). Le niveau subordonné sera le plus inclusif des différents traits sémantiques. Cette organisation repose sur le même principe d'inclusion que celui de noms, certains verbes pouvant être définis par d'autres verbes (Fellbaum, 1999). Les verbes entretiennent des relations d'hyperonyme-hyponyme, à l'instar des noms (Kim & Thompson, 2000).

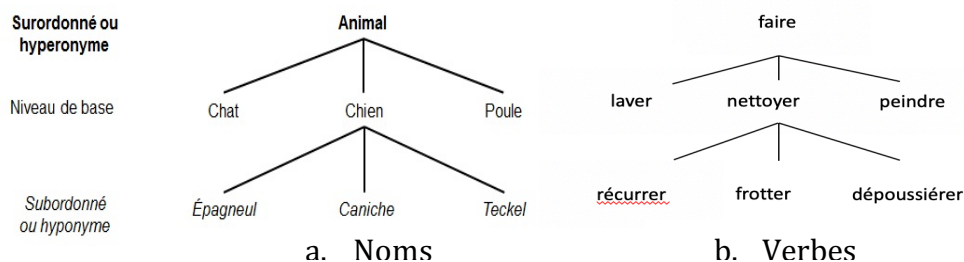


Figure 7: Organisation taxonomique lexico-sémantique pour les noms et pour les verbes.
(a) Organisation taxonomique lexico-sémantique pour les noms selon la théorie de Rosch and al. (1976) et
(b) pour les verbes selon Kim and Thompson (2004). selon une traduction libre

Hypothèses posées sur l'origine de l'anomie des verbes

Une analyse lexico-sémantique portant sur le manque du mot a été réalisée auprès de personnes souffrant d'aphasie, en situation de dénomination d'actions (Duvignau, 2008; Duvignau, Gaume, & Nespoulous, 2004; Duvignau et al., 2008). Cette étude a mis en évidence la production d'énoncés non conventionnels, tels que cet énoncé d'un locuteur souffrant d'aphasie : « Elle a déchiré l'orange, déchiré c'est pas le mot je crois, elle l'a déchiré en plusieurs morceaux » pour « Elle épluche une orange » (extrait de Duvignau (2008)). Ce type de production montre une proximité sémantique de deux verbes, plus précisément les verbes déchirer et éplucher, n'appartenant pas au même domaine sémantique. Un noyau de sens commun existe pourtant entre ces deux verbes : l'hyperonyme « enlever » renvoyant à deux domaines sémantiques différents : /humain/ pour « déshabiller » et /végétal/ pour « éplucher ». Devant ce type de paraphasies sémantiques similaires retrouvées chez des personnes avec la maladie d'Alzheimer, Kim and Thompson (2004) avaient proposé que le niveau subordonné soit plus difficile d'accès dans le cadre de l'anomie, avec un accès facilité à des verbes de niveau de base ou surordonné. Une autre hypothèse a été proposée par Elie, Duvignau, and Rogé (2005), reprenant les travaux de Duvignau, avec une représentation schématique présentée à la Figure 8. Pour ces auteurs, il existe une implication des noms avec un classement par domaine sémantique de verbes.

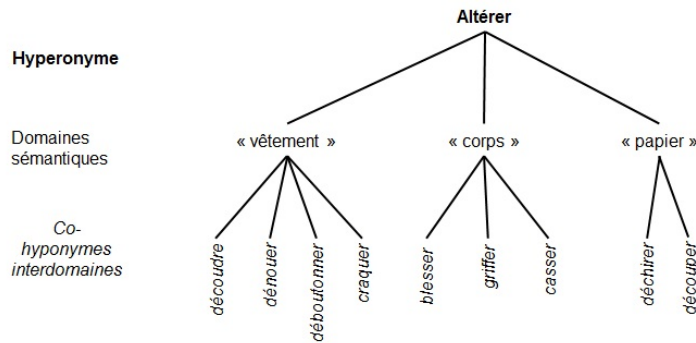


Figure 8: Représentation sémantique du verbe *altérer* (Elie et al., 2005)

Ces modèles apportent une conceptualisation des erreurs. Cependant, si l'origine peut se conceptualiser en termes de niveaux d'atteintes linguistiques, le lien n'est pas effectué au niveau neuropsycholinguistique.

Dans un autre modèle, Levin and Hovav (2008) ont proposé une organisation des verbes en deux niveaux : un niveau racine des verbes correspondant au niveau subordonné de la classification précédente et un niveau supérieur de modélisation de l'évènement, correspondant au niveau de base. Au niveau racine, les traits sémantiques spécifiques permettent aussi de distinguer les verbes les uns des autres. Au niveau supérieur de modélisation de l'évènement, les verbes partagent un patron d'évènement, c'est à dire que le déroulement de l'action ou évènement occasionne une action générique. Ainsi, pour les verbes de la catégorie d'évènement « courir », il existe une action générique de locomotion. Les verbes de cette catégorie peuvent ensuite être spécifiés au niveau racine en termes de rapidité avec « sprinter, trotter » ou en termes de bizarrerie avec « vaciller, chanceler » (Levin, 1993).

Dans une vision neuropsycholinguistique, Kemmerer (2015) propose de rapprocher cette conception à deux niveaux de l'organisation des verbes de la théorie des systèmes des symboles perceptifs de L. W. Barsalou (2008). Dans ce modèle, l'accès à une connaissance sémantique nécessite la simulation des états perceptivo-moteurs associés à cette connaissance. Cette simulation aurait lieu dans des simulateurs conceptuels qui sont modaux. Autrement dit, la perception d'un stimulus se décompose selon ses caractéristiques sensorielles et/ou motrices, caractéristiques qui seront capturées par des aires associatives de plus haut niveau, des aires supramodales (Damasio, 1989). L'accès

ultérieur à une connaissance ne serait alors possible que par la réinstatiation de ces états dans ces aires. À force d'être confrontées à de multiples exemplaires, ces aires seraient capables de générer de nombreux états sensori-moteurs et deviendront ainsi des simulateurs conceptuels. La notion de simulation, i.e. la réactivation des états perceptifs, moteurs et introspectifs, est alors centrale à l'explication de l'émergence des connaissances selon la proposition du principe de simulateur de L. W. Barsalou (2016), dans une conception de la théorie incarnée et située.

Le lien proposé par Kemmerer (2015) au niveau des substrats neurofonctionnels est le suivant : si les connaissances sémantiques sont incarnées dans les systèmes modaux, la compréhension des verbes implique des substrats neurofonctionnels de deux composantes des verbes d'action au niveau racine du modèle de Levin, à savoir les traits visuo-moteurs et les traits moteurs. Selon Kemmerer (2015), les traits visuo-moteurs dépendraient du cortex temporal postérolatéral gauche, tandis que les traits moteurs dépendraient des cortex moteur et prémoteur gauches. Dans ce cadre, les lésions cérébrales dans les aphasies viendraient perturber un réseau cérébral de traitement sémantique des verbes, pouvant occasionner des anomies des verbes.

Les modèles sémantiques proposés s'appuient sur des cadres théoriques qu'il est important de considérer car ils sont déterminants pour l'élaboration de thérapies du langage. Ici, le modèle conceptuel de Kemmerer s'appuie sur un modèle théorique de la cognition incarnée et située des connaissances sémantiques. Ce modèle théorique a été particulièrement pertinent dans l'élaboration de la thérapie dans notre travail doctoral.

III. Les modèles des connaissances sémantiques : du langage désincarné au langage incarné

La question de l'organisation des connaissances dans le cerveau est la cible de nombreuses recherches émanant notamment du domaine de la psychologie, incluant des études comportementales fondamentales, mais aussi des études en neuroimagerie ayant permis d'investiguer les substrats neurofonctionnels sous-jacents au traitement des connaissances sémantiques. Comme présenté supra, la théorie de la cognition incarnée et

située propose que les connaissances sémantiques soient ancrées, impliquant par exemple dans le traitement sémantique des verbes d'action, les aires motrices. Cependant, l'implication des aires motrices ou plus généralement des aires modales est à la source-même d'un débat actuel au sein de la communauté scientifique, remettant en cause l'implication ou non des aires modales lors du traitement sémantique.

Les sciences cognitives ont longtemps tenté de décrire les mécanismes à la base des comportements en privilégiant une approche cognitiviste incluant des niveaux de traitement ou modules, issue d'une conception computationnelle défendue par exemple par Fodor (1983). Ces modèles sont encore en vigueur actuellement, tel que démontré pour les modèles cognitifs de production de mots présenté en partie II section B. de ce chapitre. Cette approche comme nous l'avons vu, décrit le cerveau comme un ensemble de systèmes modélisé par des modules, impliquant différents niveaux de représentations internes, et intervenant avant tout selon un mode séquentiel. La deuxième caractéristique de cette approche dite « cognitiviste » est de mettre en avant la notion de représentation, le traitement de l'information opère sur des symboles (i.e. des représentations amodales). Dans la lignée du behaviorisme, le cognitivisme s'intéresse quasi exclusivement à la cognition en tant que production du cerveau, en n'évoquant que marginalement le rôle du corps et de l'environnement (Versace, Brouillet, & Vallet, 2018). A l'inverse, T. Varela and Thompson (1991) a proposé la notion d'énaction pour défendre une co-construction entre l'individu et son environnement (dont son corps). L'énaction a abouti à la cognition incarnée et située en soulignant le rôle du corps et de l'environnement (le contexte) dans le fonctionnement cognitif (T. Varela & Thompson, 1991; Versace et al., 2018). Selon T. Varela and Thompson (1991), « le cerveau existe dans un corps, le corps existe dans le monde, et l'organisme bouge, agit, se reproduit, rêve, imagine. Et c'est de cette activité permanente qu'émerge le sens du monde et des choses ». C'est en ce sens que la cognition est « située » (*situated cognition*), car elle ne peut être envisagée indépendamment des situations dans lesquelles elle prend naissance, et « incarnée » (*embodied cognition*), car elle est ancrée dans le corps et émerge de ses interactions (son incarnation) avec le monde extérieur (Versace et al., 2018). La cognition incarnée rejette alors la notion selon laquelle

les fonctions cognitives reposeraient sur un traitement de représentations abstraites (amodales).

Ces deux conceptions opposées de la cognition sont encore à la source de vifs débats dans la communauté scientifique. Le langage, en tant que fonction cognitive de haut-niveau, est d'ailleurs au cœur même de ces oppositions, tant et si bien que le langage incarné est devenu une branche des neurosciences étudiant les interactions entre les aires sensorielles et motrices et le traitement du langage. Meteyard, Cuadrado, Bahrami, and Vigliocco (2012) donnent une perspective claire de ces débats sur la question de l'organisation des connaissances, avec d'une part : les connaissances sémantiques dans des modèles dits « désincarnés » et les connaissances sémantiques dans des modèles « incarnés ». Dans la position incarnée et située la plus radicale, il existe une relation de dépendance entre les systèmes sensorimoteurs et sémantique, et le contexte joue un rôle essentiel. La position désincarnée défend la nature abstraite du langage et ne reconnaît aucune implication motrice dans le système sémantique. Les interactions entre le système sémantique et le système moteur retrouvées dans les études en neuroimagerie sont interprétées comme étant des propagations automatiques et postérieures au traitement sémantique. Aucun rôle n'est attribué au contexte. Nous allons étudier les données en faveur de la perspective incarnée et située du langage.

a. Le langage dans le cadre de la théorie incarnée et située

i. Les neurones miroirs : un des arguments du faisceau de preuves

Les recherches sur la cognition incarnée ont fortement augmenté suite à la découverte des neurones miroirs par Rizzolatti (Gallese & Goldman, 1998; Gallese & Lakoff, 2005; G. Rizzolatti et al., 1996; G. Rizzolatti, Fogassi, & Gallese, 2001). Les neurones miroirs sont un type particulier de neurones qui déchargent quand un individu exécute une action et quand il observe une action similaire faite par un autre. Les neurones miroirs ont été décrits à l'origine dans le cortex prémoteur ventral (aire F5) du singe, exploré grâce à des électrodes (Giacomo Rizzolatti & Arbib, 1998). Des travaux ont montré que les neurones miroirs sont également présents dans le lobule pariétal inférieur du singe (G. Rizzolatti,

2005; Giacomo Rizzolatti & Arbib, 1998; G. Rizzolatti & Luppino, 2001). Ces aires corticales contribuent à la production des mouvements de manière somatotopique, c'est-à-dire qu'elles possèdent une représentation du corps point par point permettant d'envoyer une commande motrice précise. Ainsi, ces aires contiennent un « répertoire des actions », impliquées aussi bien dans la reconnaissance que dans l'exécution des actions.

Par la suite, une correspondance de ce système miroir a été recherchée chez l'Homme, mais les preuves de l'existence de neurones miroirs sont moins directes que pour le singe. En effet, l'exploration à l'aide d'électrodes est trop invasive chez l'Homme et les données sont donc moins précises. À ce jour, une seule étude a démontré la correspondance exacte de décharges neuronales à l'observation et l'exécution d'actions chez l'humain : il s'agit de l'étude de Mukamel, Ekstrom, Kaplan, Iacoboni, and Fried (2010). Dans cette étude, l'activité de 1177 neurones a été enregistrée dans les cortex temporaux et frontaux tandis que les personnes observaient ou exécutaient des actions ou des expressions faciales. Ces électrodes ont enregistré l'activité de neurones dans l'aire motrice supplémentaire (SMA) lors de l'observation et de l'exécution d'actions, suggérant la présence d'un système de neurones miroirs dans cette aire motrice.

D'autres recherches ont mis en évidence l'activation d'aires cérébrales motrices lorsqu'une personne observe les actions d'une autre (Aziz-Zadeh, Wilson, Rizzolatti, & Iacoboni, 2006 ; Buccino et al., 2001). Ces activations sont d'ailleurs plus importantes lorsque l'observateur possède une expertise pour les actions observées telle que le démontre l'étude de Calvo-Merino, Glaser, Grezes, Passingham, and Haggard (2005). D'autre part, les neurosciences cognitives ont montré que le système moteur participe à d'autres processus cognitifs liés à la motricité tels que l'imagerie motrice, qui est le fait de s'imaginer en train de réaliser une action en l'absence d'exécution motrice (Solodkin, Hlustik, Chen, & Small, 2004), la perception de la parole qui est l'acte moteur de produire du langage (Fadiga, Craighero, Buccino, & Rizzolatti, 2002).

ii. Les hypothèses de développement du langage

Des hypothèses ont été émises sur le rôle du système de neurones miroirs dans le développement du langage selon une perspective phylogénétique. Selon ces hypothèses, les

neurones miroirs interviennent dans la compréhension de l'action et dans l'imitation, conditions préalables au langage (Corballis, 2010; Meister et al., 2003). Le langage a évolué à partir des gestes manuels, d'abord comme un système de pantomimes, puis progressivement avec des gestes conventionnels, pour assumer une forme plus symbolique. Une activation synchrone de l'aire motrice de la main et des aires du traitement du langage lors de la production orale a d'ailleurs été retrouvée (Meister et al., 2003). Ainsi, des connexions se seraient tissées entre l'aire motrice de la main et les aires responsables du langage. Puis, avec l'augmentation du vocabulaire nécessaire pour faire référence à des épisodes séparés dans le temps et le lieu et en parallèle de la grammaticalisation, ce support de langage aurait progressivement incorporé le visage et ensuite des éléments vocaux, culminant dans le discours autonome dans notre propre espèce (Corballis, 2010). Dans le cerveau humain, des études d'imagerie ont d'ailleurs révélé l'activation somatotopique de zones homologues à celles de l'aire F5 du singe, soit l'activation de l'aire de Brodmann 44 (BA 44) ou pars opercularis de l'aire de Broca, et de l'aire 6 ventrale pendant l'observation d'action (G. Rizzolatti, 2005).

D'autre part, selon une perspective ontogénétique, Pulvermuller (2005); Pulvermüller (2012) postule que les modalités sensorielles et motrices, par lesquelles les objets ou actions sont appris, apparaissent primordiales dans l'établissement des réseaux fonctionnels. L'auteur s'appuie sur le principe d'apprentissage hebbien autrement connu sous le nom de « fire-together-wire-together rule » (Hebb, 1949). Ainsi, si deux neurones sont en activité au même moment, ils créent ou renforcent leur connexion, via leurs synapses, de sorte que l'activation de l'un par l'autre sera plus facile à l'avenir. Le nom des objets perçus par la modalité visuelle est mémorisé via un réseau incluant des aires du cortex visuel. Les verbes, référents d'actions ressenties via la modalité sensorielle et motrice, sont acquis en incluant des aires du cortex moteur.

iii. Le langage incarné

Le langage incarné est lié à la théorie de la cognition incarnée, affirmant que les systèmes de perception motrice et sensorielle jouent un rôle important dans la compréhension du langage (L. W. Barsalou, 1999; Bergen, Lindsay, Matlock, & Narayanan, 2007; Arthur M.

Glenberg & Robertson, 2000; Meteyard et al., 2012). Si les neurones miroirs ont été un des arguments princeps de l'incarnation du langage, de nombreuses études ont mis en évidence l'implication d'autres aires cérébrales sensorielles ou motrices dans le traitement du langage. Par exemple, l'étude de Kiefer, Sim, Herrnberger, Grothe, and Hoenig (2008) a montré l'implication des aires cérébrales recrutées dans le traitement auditif (gyri temporaux moyen et supérieur postérieurs) lors de la lecture de mots associés à des sons tels que « téléphone, klaxon ». Gonzalez et al. (2006) ont quant à eux montré l'implication du cortex piriforme lors de la lecture de mots associés à des odeurs tels que « jasmin, ail ». Ces deux études illustrent l'implication des aires sensorielles dans le traitement sémantique de mots associés à des modalités sensorielles. Cet ensemble de preuves vont dans le sens d'une association étroite entre les aires sensorielles et motrices et le traitement du langage.

iv. Le langage d'action

Les études comportementales

Tout d'abord, des études comportementales ont démontré les liens existants entre motricité et langage. Ainsi, dans une étude comportementale pionnière, A. M. Glenberg and Kaschak (2002) ont montré que la préparation motrice de l'action peut perturber le traitement sémantique de l'action, en lien avec l'effet de compatibilité action-phrase. Dans cette expérience, des personnes devaient déterminer si des phrases impliquant une action vers le corps (ex : Lise te donne un livre ») ou s'éloignant du corps (ex : tu donnes un livre à Lise) avaient du sens en appuyant sur un bouton de réponse, l'un près du corps et l'autre éloigné du corps. Les résultats révèlent un effet de compatibilité action-phrase, avec une perturbation du traitement de la tâche lorsqu'il y avait incompatibilité entre la direction de l'action de la phrase et de celle de la réponse. Dans une autre expérience, Boulenger (2006) ont également montré que le traitement des verbes d'action pouvait moduler le comportement moteur. Ainsi, la lecture de verbes d'action induit un effet facilitateur au niveau moteur si la lecture précède l'action, par contre, la lecture du verbe d'action ralentit l'action si les processus langagiers et moteurs sont simultanés. Enfin, en utilisant une mesure de la force de préhension à l'aide d'un capteur sensible tenu entre le pouce et

l'index par des participants sains, Aravena et al. (2012) ont montré que l'écoute d'une phrase affirmative comportant une action impliquait une augmentation automatique et significative de la force de préhension 300 ms après présentation de la cible. Ce fait était absent lors de l'écoute d'une phrase négative avec une action. Les effets facilitateurs ou inhibiteurs soutiennent l'hypothèse d'une interaction forte entre l'action et le traitement du langage de l'action, constituant un argument décisif pour les défenseurs du langage incarné.

Les études anatomo-pathologiques

D'autre part, des études sur les pathologies motrices ont également permis d'étayer le lien entre motricité et langage. Ainsi, si le traitement du langage d'action est spécifiquement déficitaire dans les pathologies d'origine motrice alors cela indiquerait que le système moteur est nécessaire au traitement du langage de l'action.

Des résultats appuyant cette hypothèse ont été constatés. Ainsi, un déficit spécifique de la compréhension des verbes par rapport aux noms a été rapporté chez des patients atteints de pathologies neurodégénératives d'origine motrice incluant la maladie de Parkinson (Boulenger et al., 2008; Fernandino et al., 2013). De même, un déficit de production des verbes d'action chez les personnes atteintes par la maladie de Parkinson par Peran et al. (2003) a été constaté. Thomas H Bak and Hodges (2003) ont par ailleurs étudié le traitement du langage d'action chez des personnes atteintes de la sclérose latérale amyotrophique (SLA). Dans cette maladie des motoneurones, les personnes ont une atteinte sélective de la planification et de l'exécution des mouvements. Au décours de la maladie, les personnes présentent des atteintes comportementales et exécutives, ces dernières formant un syndrome frontal dysexécutif. Ces auteurs ont montré le lien existant entre un déficit des fonctions exécutives et le traitement des verbes dans les maladies touchant les motoneurones, avec un déficit marqué en dénomination des verbes versus des noms (T. H. Bak, O'Donovan, Xuereb, Boniface, & Hodges, 2001). Une étude récente de Cousins, Ash, and Grossman (2018) a d'ailleurs poursuivi cette investigation comparant les performances en dénomination de verbes d'action de personnes présentant une SLA versus de personnes avec la maladie de Parkinson. Les résultats montrent un

déficit dans la dénomination des verbes pour les deux populations. Ces résultats étayent l'hypothèse de l'implication du système moteur dans le traitement du langage d'action, et notamment des verbes. Cependant, ces résultats sont à nuancer au regard des études menées par Papeo et al. (2015) auprès de personnes présentant une SLA. Les auteurs ont montré que les performances de ces patients étaient altérées sans toutefois être complètement abolies, mettant en lumière l'implication du contrôle exécutif dans le traitement du langage d'action, tel que Bak et Hodges l'avaient souligné (2003).

Les études en neuroimagerie

Le lien entre motricité et langage a pu aussi être étayé par des études en neuroimagerie. Ainsi, l'activité cérébrale des sujets sains lisant des noms et des verbes a été enregistrée par électroencéphalographie (EEG) (Pulvermuller, Preissl, Lutzenberger, & Birbaumer, 1996) et les résultats ont montré que la lecture des verbes provoquait une activation plus importante du cortex moteur. La lecture des noms activait davantage le cortex visuel, tel que schématisé dans la Figure 9 (Pulvermuller, Lutzenberg, & Preissl, 1999). Dans une étude utilisant la Tomographie par Émission de Positons (TEP), la dénomination d'animaux et d'outils était associée à l'activation bilatérale de la zone temporale ventrale et de l'aire de Broca. De plus, le lobe occipital médian, région impliquée dans le traitement visuel était activé (A. Martin, Wiggs, Ungerleider, & Haxby, 1996). La dénomination d'outils activait l'aire prémotrice gauche, aire également activée par les mouvements de la main, ainsi que le gyrus temporal médian, impliqué dans la génération de mots d'action. Ainsi, l'activation pour l'identification d'objets est dépendante des propriétés intrinsèques de l'objet ou action présenté(e).

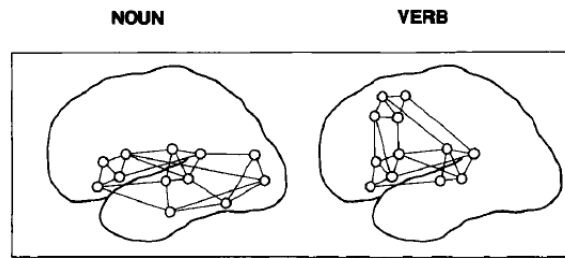
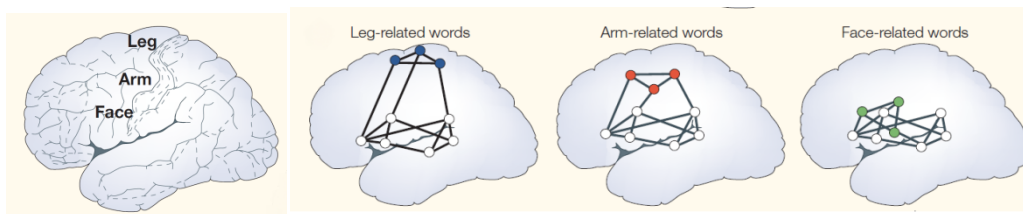


Figure 9: Réseaux fonctionnels de mots à forte association visuelle ou motrice extrait de (Pulvermuller, 1999)

Dans une autre étude, Hauk, Johnsrude, and Pulvermuller (2004) ont proposé, à des participants sains, une tâche de lecture passive de mots d'action, faisant référence à différentes parties du corps telles que « lécher, ramasser, donner un coup de pied », en utilisant une imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf). Les résultats de cette étude, schématisés en Figure 10, montrent une activation somatotopique corticale au niveau du cortex moteur. Les réseaux activés sont distribués sur les aires langagières et les aires frontales motrices.

Depuis, les études menées en neuroimagerie ont confirmé l'implication des aires motrices dans le traitement sémantique des mots d'action, tels que montrés par exemple dans la Figure 10 (Aziz-Zadeh et al., 2006; Bedny, Caramazza, Pascual-Leone, & Saxe, 2012; Binder, Desai, Graves, & Conant, 2009; Boulenger, Hauk, & Pulvermuller, 2009; Buccino et al., 2004; Caspers, Zilles, Laird, & Eickhoff, 2010; Jirak, Menz, Buccino, Borghi, & Binkofski, 2010; Tettamanti et al., 2005; Tremblay & Small, 2011). Cependant, si la participation des aires motrices au traitement du langage est retrouvée à travers les études en neuroimagerie, le rôle attribué aux différentes aires du cortex moteur reste à préciser. Tremblay and Small (2011) ont établi qu'il existait une spécialisation fonctionnelle dans le cortex prémoteur ventral pour l'observation d'actions versus l'observation d'objets, chez des personnes saines. Barbara Tomasino and Rumiati (2013) ont mis en évidence que l'implication des aires sensori-motrices dépendait de la stratégie adoptée par le participant : si la tâche demande de s'imaginer l'action, alors il y a activation des aires motrices, ce qui vient nuancer les hypothèses.



**Figure 10: Schéma illustrant les aires recrutées pour la lecture de verbes spécifiques
extrait de (Pulvermuller, 2005)**

En résumé, un ensemble important de données comportementales, anatomo-pathologiques et de données neurofonctionnelles étayent la théorie de la cognition incarnée. À l'heure actuelle, les opposants à cette théorie orientent leur argumentaire autour du fait que les activations des aires sensorielles et motrices ne seraient que secondaires (Mahon & Caramazza, 2008). En effet, pour les tenants du langage désincarné, défendant la nature abstraite du langage, le système sémantique est composé d'aires préfrontales, pariétales et temporales constituant un réseau sémantique de représentations abstraites. Les activations motrices observées résulteraient de la propagation de l'activation issue des aires procédant au traitement sémantique. Ainsi, le point de la somatotopie des activations et réponses motrices lors du traitement du langage d'action est défendue en tant que propagation secondaire par les défenseurs du langage désincarné. Ce débat est encore en cours, mais il va au-delà de ce travail doctoral.

Au-delà de ces oppositions théoriques fortes, d'autres modèles du système sémantique élargissent le champ d'investigation. En effet, plusieurs études (Aravena et al., 2012; Boulenger et al., 2009; Barbara Tomasino & Rumiati, 2013; B. Tomasino, Weiss, & Fink, 2010) montrent que la réponse motrice lors du traitement du langage d'action est modulée par divers facteurs et tendent à démontrer que la question de l'incarnation est complexe et ne peut se résumer à déterminer si le langage est incarné ou non. Par ailleurs, ces modèles plus nuancés font l'hypothèse de zones de convergence cérébrales, rassemblant les entrées sensorielles et motrices pour des traitements de plus haut niveau. Pour exemple, Binder and Desai (2011) ont proposé une revue des données avec une méta-analyse rassemblant les pics d'activation issus de 38 études sur la compréhension du langage (voir Figure 11a). Les résultats indiquent bien l'activation des aires motrices primaires et secondaires, ainsi que des lobes pariétaux dans le traitement de l'action.

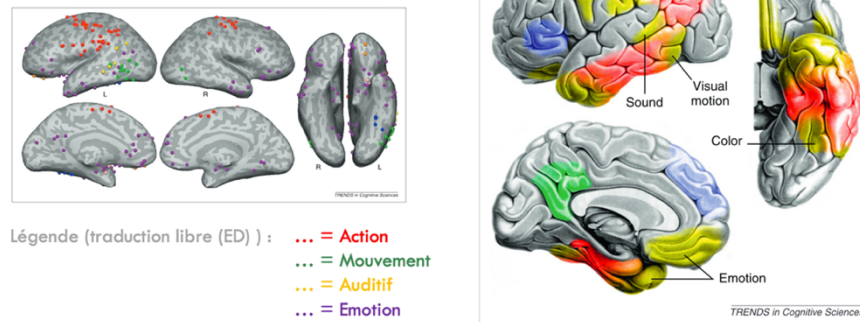


Figure 11: Les activations modales durant une tâche de traitement langagier et modèle neuroanatomique du traitement sémantique (Binder & Desai, 2011)

Forts des activations cohérentes retrouvées, les auteurs proposent une théorie de *l'abstraction incarnée*. Ainsi, ils proposent un modèle neuroanatomique synthétique du traitement sémantique présenté en Figure 11b. Dans ce modèle, les représentations conceptuelles sont élaborées à partir des abstractions issues des entrées sensorielles, motrices et affectives. Tous les niveaux ne sont pas automatiquement activés. Les activations sont dépendantes du contexte, de la fréquence, de la familiarité et de la tâche. Ainsi, dépendamment de la tâche, les contributions des aires sensorielles et motrices varient : dans un contexte très familier, les représentations schématiques de haut niveau seront activées pour un traitement rapide. Dans un contexte nouveau dans lequel le traitement demandé est plus important, la contribution des aires sensorielles et motrices sera plus importante.

Dans ce modèle neuroanatomique, les zones de convergence (en rouges sur la figure) stockeraient des représentations abstraites d'entités ou d'évènements. Enfin, les régions des cortex dorso-médian et préfrontal inférieur (en bleu) contrôleraient la sélection d'informations des cortex temporo-pariétaux en vue de réaliser un objectif. Les régions du gyrus cingulaire postérieure et du précuneus (en vert) pourraient être l'interface entre le système sémantique et le système hippocampique de la mémoire, aidant à encoder les évènements en mémoire épisodique. Ce modèle est valable essentiellement pour l'hémisphère gauche, quoique possiblement organisé de façon similaire dans l'hémisphère droit.

Maintenant que les modèles théoriques sur les connaissances sémantiques ont été mis en perspective, nous allons désormais présenter les données neurofonctionnelles sur le traitement des verbes d'action, plus spécifiquement dans le cadre de nos travaux sur la dénomination des verbes.

IV. Le point sur les données neurofonctionnelles sur le traitement des verbes d'action

Nous avons mentionné que Mätzig et al. (2009) avaient effectué une revue de la littérature sur les personnes avec aphasie présentant un déficit des noms ou des verbes. Ces auteurs avaient rassemblé les études mentionnant les sites lésionnels, notamment en lien avec un déficit plus prononcé pour les verbes. Les données mentionnaient déjà l'implication forte du gyrus frontal inférieur, du cortex prémoteur, de l'insula, des ganglions de la base et du thalamus. Pour être au plus près des connaissances actuelles, nous relaterons ici les résultats d'une récente étude menée par Alyahya, Halai, Conroy, and Lambon Ralph (2018). Dans cette étude, les auteurs ont évalué et examiné, à l'aide de l'IRMf, 48 personnes avec aphasie au stade chronique. Ils ont effectué une analyse mettant en relation les aires lésées en fonction des résultats obtenus à l'épreuve de dénomination de noms et de verbes. Les aires suivantes présentées dans le tableau 2 étaient impliquées dans la dénomination des verbes.

Table 5
Neural correlates of significant clusters and peak MNI coordinates related to noun and verb naming and comprehension, and naming and comprehension (after summing noun and verb scores).

Test	Location	Cluster size (voxels)	Z	MNI co-ordinates		
				x	y	z
Verb naming	Angular gyrus	12,546	5.25	-32	-54	24
	Posterior inferior temporal gyrus		5.14	-46	-44	-16
	Posterior segment of arcuate fasciculus		4.80	-38	-44	16
	Inferior longitudinal fasciculus		4.49	-40	-12	-18
	Anterior middle temporal gyrus		4.39	-54	2	-24
	Posterior supramarginal gyrus	4.32	-46	-46	38	
	Pre-central gyrus	253	4.11	-38	-16	30
	Posterior paracingulate gyrus		4.30	4	52	-4
	Anterior cingulate gyrus		4.22	-2	44	6
	Frontal medial cortex		3.49	-10	50	-8
	Frontal pole		4.41	-28	42	16
	Temporal pole	432	3.48	-40	1	-33

Tableau 2: Aires associées à la dénomination de verbes selon Alyahya et al. (2018)

Le langage étant une fonction de haut-niveau appuyée par un réseau d'aires distribuées dans le cerveau (Friederici, 2011; D. Saur et al., 2008), les lésions cérébrales perturbent le fonctionnement en réseaux soutenant le traitement langagier, notamment le traitement

des verbes d'action. Néanmoins, il est aussi établi que, suite à une lésion, le cerveau connaît une réorganisation cérébrale, appelée neuroplasticité. Il convient de prendre en compte les connaissances établies sur cette plasticité cérébrale pour développer une intervention efficace.

D. Mécanismes de neuroplasticité et récupération de l'aphasie

I. La plasticité cérébrale

La plasticité cérébrale – ou neuroplasticité - désigne la capacité du cerveau à se modifier et se remodeler tout au long de la vie. Un ensemble de mécanismes contribue à une adaptation des neurones à un environnement extrêmement changeant et à des modifications fonctionnelles. Comme le souligne Raymer (2008), quel que soit l'âge, le cerveau est flexible et capable de changement, notamment suite à une lésion. Lorsqu'il est question de neuroplasticité, les mécanismes désignés concernent autant les apprentissages et acquisitions au quotidien que les mécanismes mis en place en cas de lésion cérébrale. Dans ces deux cas, l'expérience est cruciale pour générer de nouvelles connexions (Kiran & Thompson, 2019).

Dans le fonctionnement normal, le cerveau remodèle continuellement ses réseaux pour encoder de nouvelles expériences par le principe hebbien (Kleim & Jones, 2008). Ce principe est autrement connu sous le nom de « fire-together-wire-together rule », tel que déjà mentionné ci-avant. Pour rappel, si deux neurones sont en activité au même moment, ils créent ou renforcent leur connexion, via leurs synapses, de sorte que l'activation de l'un par l'autre sera plus facile à l'avenir. Ce phénomène, appelé « *coincidence learning* », soutient l'apprentissage (Pulvermüller, 2012; Pulvermüller & Berthier, 2008). Il existe deux processus fondamentaux de la neuroplasticité: l'un consiste à multiplier les connexions et/ou les neurones: on parle alors de synaptogénèse, l'autre est responsable de la suppression de connexions inefficaces ou inutilisées. Ce processus, appelé "élagage synaptique", participe pleinement à la neuroplasticité cérébrale, donc à notre capacité à apprendre et à mémoriser. Ainsi, la fréquence de relation entre deux neurones, ou corrélation, détermine la force de leur connexion. Le renforcement synaptique peut avoir

lieu entre deux neurones adjacents mais aussi entre des neurones situés dans des aires corticales distantes (Pulvermuller et al., 1996), formant ainsi des assemblées de neurones ou réseaux distribués dans des régions corticales variées. Ce « maillage » entre neurones s'élabore et se complexifie progressivement au cours du développement, soutenant tous les processus d'apprentissage. Ce sont ces réseaux de traitement qui peuvent être mis en évidence par la neuroimagerie fonctionnelle, avec utilisation notamment de la technique d'analyse par connectivité fonctionnelle (CF).

Le principe de Hebb est particulièrement adapté aux approches basées sur la sémantique lexicale et notamment celles des verbes. Ce principe permet en effet d'appréhender l'organisation lexico-sémantique verbale dans une perspective ontogénique et phylogénétique, car les verbes sont acquis dans des contextes d'action, où le traitement moteur cérébral est impliqué en même temps que le traitement du langage. Ainsi, les réseaux activés sont distribués sur les aires langagières et les aires motrices.

a. Les mécanismes de neuroplasticité après une lésion et récupération fonctionnelle

Suite à une lésion cérébrale, différents types de mécanismes de neuroplasticité se mettent en place. Ils sont fonction de variables intrinsèques telles que l'âge, de l'étendue et la localisation de la lésion et de facteurs métaboliques tels que le temps de reperfusion (Kahlaoui & Ansaldo, 2009 ; Kiran & Thompson, 2019; Watila & Balarabe, 2015), et de variables extrinsèques telles que les facteurs sociaux et motivationnels (Watila & Balarabe, 2015).

Quand une région cérébrale perd ses connections suite à une lésion, une cascade de changements s'opère, liés au drainage des débris dégénératifs, au remodelage des processus neuronaux et à la production de nouvelles connections synaptiques (Kleim & Jones, 2008). D'autre part, les lésions cérébrales peuvent aussi entraîner à la fois une perturbation de la fonction temporaire et des changements fonctionnels de longue durée, tels que l'excitabilité corticale soit modifiée. Carey and Seitz (2007) proposent l'illustration présentée à la Figure 12, permettant de rendre compte dans le temps des processus en neuroplasticité après AVC.

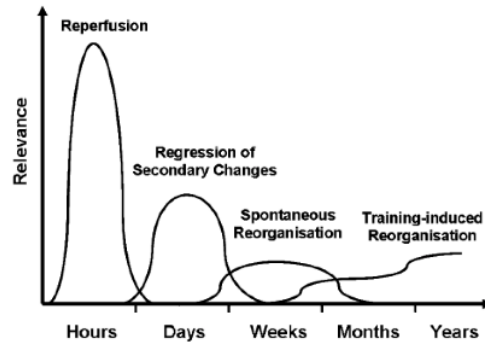


Figure 12: Illustration des processus cérébraux post-AVC ischémiques sous-tendant la récupération extrait de (Carey & Seitz, 2007)

La récupération post-lésionnelle ne suit pas directement la neuroplasticité. Elle est variable. Les études ont ainsi mis en évidence que la récupération spontanée est maximale au cours de la première année post-AVC (L. R. Cherney & Robey, 2008; Robey, 1998). Cependant, des difficultés persistent dans la majorité des cas. L'aphasie sera dite chronique après 12 mois post-AVC (Dorothee Saur et al., 2006).

Deux types de processus soutiennent les mécanismes neurobiologiques de récupération : la réactivation fonctionnelle et la réorganisation fonctionnelle. La **réactivation fonctionnelle** est un mécanisme observé quand une région cérébrale se réactive suite à une période de latence fonctionnelle induite par la lésion. Des études ont montré que les activations des zones périlésionnelles dans l'hémisphère gauche sont importantes, suite à un AVC, dans la récupération langagière (Barthel, Meinzer, Djundja, & Rockstroh, 2008; Fridriksson, 2010; Parkinson, Raymer, Chang, Fitzgerald, & Crosson, 2009). La **réorganisation fonctionnelle** se définit par le recrutement d'autres zones cérébrales pour effectuer une tâche que les zones conventionnelles (Grafman, 2000). Dans le cadre de l'aphasie, les lésions de petite taille conduisent généralement à une bonne récupération supportée par le recrutement des aires périlésionnelles dans l'hémisphère gauche (Basso, 1992). Cependant, lorsque les lésions des aires du langage sont étendues, les aires homologues dans l'hémisphère droit sont recrutées (Crosson et al., 2007; Den Ouden, Riley, Lukic, & Thompson, 2010; Winhuisen et al., 2005).

b. La récupération post-thérapie

Les études démontrent le rôle majeur des zones périlésionnelles en lien avec les meilleures récupérations chez des patients souffrant d'aphasie chronique, ayant suivi une thérapie (Anglade, Thiel, & Ansaldo, 2014; Ansaldo, Arguin, & Lecours, 2002; Barthel et al., 2008; Wierenga et al., 2006). Plus la lésion est étendue, plus l'hémisphère droit joue un rôle important dans la récupération (Anglade et al., 2014; Ansaldo et al., 2002). Cependant, les activations dans l'hémisphère droit sont corrélées à une récupération moindre (Crosson et al., 2007; Vitali et al., 2007). D'autre part, l'hippocampe et la matière blanche joueraient un rôle déterminant dans la récupération induite par une thérapie intensive auprès de personnes souffrant d'aphasies (M. Meinzer et al., 2010).

Les recherches sur la récupération de l'aphasie post-thérapie ont longtemps porté sur les personnes d'âge moyen et peu d'études portent sur les personnes âgées, alors qu'elles représentent la majorité des personnes atteintes (Wielgosz et al., 1999). Cela constitue un manque dans la mesure où le vieillissement normal implique des changements dans le traitement du langage, avec notamment le recrutement de davantage de régions cérébrales par rapport à des personnes jeunes pour répondre à une même tâche (Cabeza, Anderson, Locantore, & McIntosh, 2002). L'étude ciblée de la récupération chez les personnes âgées présentant une aphasie post-thérapie est donc à prioriser afin de pouvoir généraliser les résultats à cette population en croissance.

Par ailleurs, la meilleure phase pour l'application de thérapies du langage a fait l'objet d'études. Certaines études ont montré que l'application de thérapies du langage dès la phase aiguë permettait des améliorations importantes en comparaison à des applications dans les phases ultérieures (Robey, 1994; 1998), entrant dans les recommandations de prise en charge post-AVC (Hebert & al, 2015). Cette question reste encore en débat actuellement avec des études montrant une récupération langagière comparable, quelle que soit la phase d'intervention (Moss et Nicholas, 2018; Doogan, Dignam, Copland & Leff, 2018). Cependant, le but de cette thèse étant de montrer les effets d'une nouvelle thérapie, il semblait préférable de cibler uniquement des personnes avec aphasie à un stade chronique, en raison de la récupération spontanée qui survient durant l'année suivant

l'AVC (Carey & Seitz, 2007). En effet, ce choix permettra de différencier la récupération induite par la thérapie de la récupération spontanée observable durant la première année suivant l'AVC. La connaissance de ces mécanismes neurofonctionnels est au cœur de la neuroréhabilitation. Ce principe a permis l'émergence des thérapies intensives afin de favoriser de façon optimale les récupérations chez les personnes souffrant d'aphasie et d'améliorer les pratiques cliniques.

E. Intégration des principes de neuroplasticité dépendant de l'expérience (PNDE)

Les études menées en neuroréhabilitation chez les animaux (Taub, Uswatte, & Elbert, 2002) ont permis de dégager les principes essentiels de thérapie qui permettent des changements comportementaux associés à des changements neurofonctionnels. (Kleim & Jones, 2008) ont dégagé dix principes essentiels, présentés en Figure 13, à appliquer dans les protocoles des thérapies. Kiran and Thompson (2019) ont proposé de condenser ces principes en six principes pertinents dans le cadre d'une intervention orthophonique en aphasie, à savoir : l'utilisation d'un comportement en vue de l'amélioration, la spécificité de l'intervention pour favoriser la reconstruction de réseaux, la saillance des items comme outil essentiel, la répétition et l'intensité comme leviers d'apprentissage et de consolidation, la promotion de la généralisation et l'utilisation de la complexité pour favoriser l'apprentissage et la généralisation.

Principe	Description
1. Use It or Lose It	Failure to drive specific brain functions can lead to functional degradation.
2. Use It and Improve It	Training that drives a specific brain function can lead to an enhancement of that function.
3. Specificity	The nature of the training experience dictates the nature of the plasticity.
4. Repetition Matters	Induction of plasticity requires sufficient repetition.
5. Intensity Matters	Induction of plasticity requires sufficient training intensity.
6. Time Matters	Different forms of plasticity occur at different times during training.
7. Salience Matters	The training experience must be sufficiently salient to induce plasticity.
8. Age Matters	Training-induced plasticity occurs more readily in younger brains.
9. Transference	Plasticity in response to one training experience can enhance the acquisition of similar behaviors.
10. Interference	Plasticity in response to one experience can interfere with the acquisition of other behaviors.

Figure 13: Principes de la plasticité cérébrale dépendante des expériences extrait de (Kleim & Jones, 2008)

Parmi les PNDE, l'intensité des thérapies a été particulièrement étudiée. Ainsi, les thérapies appliquées de façon intensive en orthophonie auprès de personnes avec aphasie

ont été démontrées plus efficaces que des thérapies appliquées de façon plus traditionnelle. La revue de littérature de Bhogal, Teasell, and Speechley (2003) a rapporté une supériorité des résultats obtenus après une thérapie intensive (moyenne de 8,8 heures par semaine durant 11 semaines) auprès de patients aphasiques versus après une thérapie conventionnelle (2 heures par semaine pendant 22,9 semaines). Cependant, une revue de la littérature plus récente par J. K. Dignam, Rodriguez, and Copland (2016) a souligné un problème essentiel : il existe une grande hétérogénéité dans les études sur les thérapies dites intensives, en ce qui a trait par exemple à la fréquence des séances par unité de temps, au nombre d'items travaillés par séance, au nombre de répétitions réalisées dans une séance. Cependant, si le terme d'intensité reste à définir dans les interventions en orthophonie, l'ensemble des PNDE ne doit pas être écarté de la réflexion.

Chapitre 2 - Présentation du projet de thèse

A. Position du problème

L'aphasie est un trouble acquis du langage survenant suite à une lésion cérébrale, le plus souvent suite à un AVC. Les conséquences sont importantes sur la qualité de vie des personnes avec aphasie (Lam & Wodchis, 2010) et s'inscrivent parfaitement dans un modèle du handicap comme le MDH-PPH. Parmi les symptômes de l'aphasie, l'anomie est la manifestation la plus fréquente et persistante, et ce, quel que soit le type d'aphasie. L'anomie se manifeste par des délais à trouver le bon mot, des hésitations ou la production d'erreurs telles que les paraphrasies ou les néologismes, un ensemble de manifestations conduisant souvent à un bris de communication. Le manque du mot peut porter sur les noms, mais aussi sur les verbes. Or les verbes sont des pivots de construction des énoncés (Conroy et al., 2006; Neveu, 2018). L'anomie des verbes est d'ailleurs plus fréquente que l'anomie des noms, tous types d'aphasies confondues (Mätzig et al., 2009) et a un impact important sur la capacité de communication au quotidien (Rofes et al., 2015). Malgré ce fait, les thérapies portant sur l'anomie des verbes restent beaucoup moins nombreuses que les thérapies portant sur l'anomie des noms (J. Webster & Whitworth, 2012).

Des thérapies utilisant des stratégies classiques ne semblent que peu concluantes par rapport à celles utilisant des stratégies sensorimotrices tels que l'exécution du geste ou l'observation de l'action pour faciliter la dénomination de verbes. La majorité de ces thérapies ont eu un impact au niveau des verbes entraînés, toutefois la généralisation aux verbes non entraînés reste rare (de Aguiar et al., 2016). Cette généralisation est pourtant le reflet de l'acquisition des stratégies travaillées en thérapie (Nickels, 2002). S'il n'existe pas de généralisation aux verbes non entraînés, alors l'apport de telles stratégies s'avère limité dans le quotidien de la personne avec aphasie (J. Webster & Whitworth, 2012). La résolution de ce problème pourrait passer par une meilleure compréhension de la nature des verbes.

Les études sur les verbes en linguistique, psycholinguistique et neuropsycholinguistique se rejoignent pour considérer les verbes comme représentants de l'action. Les récentes recherches en neurosciences, notamment dans le courant de la cognition incarnée et située, ont mis en évidence les liens importants qui existent entre le langage et la motricité, révélant ainsi que le traitement sémantique des verbes d'action pouvait être supporté par le recrutement d'aires motrices (incluant les aires prémotrices) liées à l'action traitée (Pulvermuller, 2018). Le recrutement des aires motrices pour le traitement sémantique de l'action est notamment modulé en fonction de la stratégie explicite adoptée, avec une activation accrue lorsque le participant s'imagine volontairement faire l'action ou voit l'action se dérouler (Barbara Tomasino & Rumiati, 2013). En somme, les aires motrices semblent donc constituer des points névralgiques pour favoriser le traitement sémantique de l'action en vue de la dénomination des verbes d'action. Les liens sémantiques entretenus entre le langage et la motricité sont alors une avenue intéressante à poursuivre, les stratégies sensorimotrices constituant un potentiel pour la récupération de la capacité de dénomination des verbes. Mais comment parvenir à optimiser ces liens en vue de favoriser la généralisation de l'utilisation de ces stratégies ?

D'une part, la nouvelle donnée à ajouter dans le recrutement des aires motrices est l'imagerie mentale qui permet de favoriser le recrutement des aires motrices (Barbara Tomasino & Rumiati, 2013). Ainsi, la combinaison de l'exécution des gestes et l'observation de l'action avec l'imagerie mentale constituerait une association originale des stratégies sensorimotrices maximisant le recrutement des aires motrices en vue de favoriser le traitement sémantique et la dénomination du verbe d'action. D'autre part, les recherches en neurosciences et en aphasiologie ont permis une meilleure compréhension des phénomènes à l'œuvre dans la récupération de l'aphasie, notamment l'importance des PNDE (Kiran & Thompson, 2019; Kleim & Jones, 2008). Ces principes, dégagés de la recherche fondamentale, concernent la méthodologie d'application des thérapies : pour favoriser la mise en place de réseaux neurofonctionnels supportant la récupération comportementale suite à une lésion cérébrale, la thérapie doit cibler spécifiquement sur le trouble, ici, l'anomie, en adoptant un rythme de travail intensif (en termes de répétition et de durée) et des stimuli pertinents pour la personne. Les thérapies dites intensives ont

déjà été développées en orthophonie auprès de personnes avec aphasie et démontrées plus efficaces que des thérapies appliquées de façon plus traditionnelle (Bhogal et al., 2003). De plus, l'intégration de ces principes en thérapie contribuerait à favoriser des changements comportementaux durables associés à des changements au niveau de la plasticité cérébrale (Kleim & Jones, 2008).

L'objet de ce travail doctoral est de développer et de tester les effets d'une thérapie originale intégrant l'ensemble des nouvelles données, notamment les substrats neurofonctionnels des verbes d'action et les PNDE. L'hypothèse de travail général est la suivante : une thérapie constituée de la combinaison de trois stratégies sensorimotrices : l'observation de l'action, l'exécution du geste et la simulation de l'action par imagerie mentale et administrée de façon intensive permettra la récupération de la capacité à nommer les verbes d'action chez des personnes avec aphasie présentant une anomie des verbes, et que l'amélioration comportementale attendue sera associée à des changements neurofonctionnels impliquant notamment les aires motrices.

B. Objectifs spécifiques et hypothèses

En résumé l'objectif de ce projet de recherche est d'élaborer une nouvelle thérapie ciblant l'anomie des verbes en tenant compte des avancées scientifiques récentes, tant théoriques (cognition incarnée) que méthodologiques (PNDE), thérapie nommée POEM et de :

1. déterminer les effets de la thérapie POEM sur les items entraînés, les effets de généralisation et le maintien de ces effets dans le temps (à deux mois et à six mois suite à la thérapie),
2. analyser les changements neurobiologiques sous-jacents associés aux changements comportementaux,
3. déterminer les changements du niveau d'intégration des réseaux langagier et moteur.

Il est attendu que :

1. la thérapie POEM entraîne une amélioration de la capacité de dénomination des verbes entraînés et non-entraînés et que ces effets soient maintenus jusqu'à 6 mois

après thérapie. Selon les résultats déjà obtenus suite à l'administration de thérapies par observation de l'action (par exemple : Marangolo et al. (2010); Marangolo et al. (2012)) ou de thérapies utilisant les gestes (par exemple : Carragher et al. (2013)), il est attendu que les participants bénéficient de la thérapie, avec une amélioration de leur capacité de dénomination de verbes d'action sur les items entraînés. Une généralisation sur les items non entraînés est attendue suite à la combinaison des stratégies et l'intégration des PNDE.

2. la thérapie POEM entraîne le recrutement d'un circuit neurofonctionnel alternatif pour la dénomination de verbes d'action, impliquant notamment l'activation des aires motrices. Suite à la thérapie POEM, et en lien avec l'amélioration comportementale, une activation significative des aires motrices (gyrus précentral gauche, aire motrice primaire, cortex prémoteur, aire motrice supplémentaire) est attendue (Buccino et al., 2004; Gallese & Lakoff, 2005; Jirak et al., 2010; Pulvermuller, 2005; Pulvermüller, 2012; Tettamanti et al., 2005; Tremblay & Small, 2011)}. De plus, une activation significative des aires de traitement sémantique, telle que le lobule pariétal inférieur, est attendue (Binder et al., 2009; Caspers et al., 2013; Marcotte et al., 2012; Mesmoudi et al., 2013; Tremblay & Small, 2011). A l'instar des résultats obtenus par Marcotte et al. (2012), une corrélation entre l'amélioration comportementale et l'activation du gyrus précentral gauche avant la thérapie est attendue, indiquant que cette aire peut être un marqueur neurofonctionnel de la thérapie POEM.
3. la thérapie POEM augmente le niveau d'intégration du réseau par défaut, autant dans les réseaux langagier et moteur, qu'entre ces deux derniers réseaux. Selon les résultats obtenus par Marcotte, Perlberg, Marrelec, Benali, and Ansaldo (2013), une corrélation entre les améliorations comportementales en dénomination et une augmentation de l'intégration dans les réseaux langagier, moteur et par défaut est attendue.

C. Méthodologie

I. Approche méthodologique

L'objectif de la présente thèse est d'élaborer et de valider les effets d'une nouvelle thérapie ciblant l'anomie des verbes chez des personnes avec aphasie et souffrant d'anomie des verbes, puis d'explorer les corrélats neurofonctionnels associés aux effets comportementaux. Afin de répondre à ces objectifs à la fois comportementaux et d'explorations neurofonctionnelles, une approche méthodologique a été adoptée et développée selon un devis expérimental de multiples études de cas uniques à mesures répétées, avant et après la thérapie ainsi qu'à deux mois et à six mois de l'intervention. Ce type de devis a notamment été éprouvé antérieurement au sein de notre laboratoire (Marcotte et al., 2012). Il s'avère pertinent pour les populations cliniques car il permet de tenir compte de facteurs individuels pouvant avoir un impact sur les résultats de l'intervention orthophonique. Par ailleurs, ce type de devis est compatible avec une analyse de groupe dans un second temps (Johnson, Ross, & Kiran, 2019 ; Marcotte et al., 2012).

Pour chacune de nos études, nous reportons le lecteur à la partie méthodologique de chaque article ou manuscrit explicitant en détails la méthodologie observée. Nous présentons ci-après les éléments expérimentaux retrouvés en commun dans les trois articles.

II. Participants

a. Critères d'éligibilité

Pour les trois études menées dans cette thèse, les participants avec aphasie devaient répondre aux critères d'éligibilité suivants :

- présenter une aphasie chronique, c'est-à-dire depuis au moins un an après l'AVC,
- avec une lésion unique dans l'hémisphère gauche,
- présenter une anomie des verbes modérée à sévère,

- être droitier avant AVC
- être âgé de 60 ans et plus,
- de langue maternelle française,
- sans aucune autre pathologie d'origine neurologique, cognitive, ou psychiatrique.

Pour rappel, le stade chronique de l'aphasie a été choisi pour éviter la période de récupération spontanée durant l'année suivant l'AVC (Carey & Seitz, 2007) en vue de différencier la récupération induite par la thérapie de la récupération spontanée observable durant la première année suivant l' AVC.

b. Recrutement

Un partenariat de participation à la recherche a été signé entre notre directrice de recherche, Ana Inés Ansaldo, et le Regroupement des Associations des Personnes Aphasiques du Québec (RAPAQ). Nous avons donc contacté une majorité des personnes via ce regroupement.

Nous avons évalué cinquante-sept participants répondant potentiellement aux critères d'éligibilité susnommés. Pour plus de clarté, le diagramme de recrutement est présenté en Figure 14. Différentes raisons ont mené à exclure certains participants. Le graphique présenté en Figure 15 fait état des raisons ayant conduit à la non-éligibilité de quarante-sept personnes évaluées.

Les trois études menées dans cette thèse ont été effectuées auprès d'un total de dix personnes droitières, souffrant d'aphasie chronique modérée à sévère avec anomie des verbes. Parmi ces dix personnes, quatre ne présentaient pas de contre-indication à la passation d'une IRM et ont été inclus dans les études 2 et 3. L'étude 2 proposant une tâche de dénomination en IRMf évènementiel, le taux de dénomination obtenu pour deux participants s'est avéré trop faible pour permettre une analyse statistique viable.

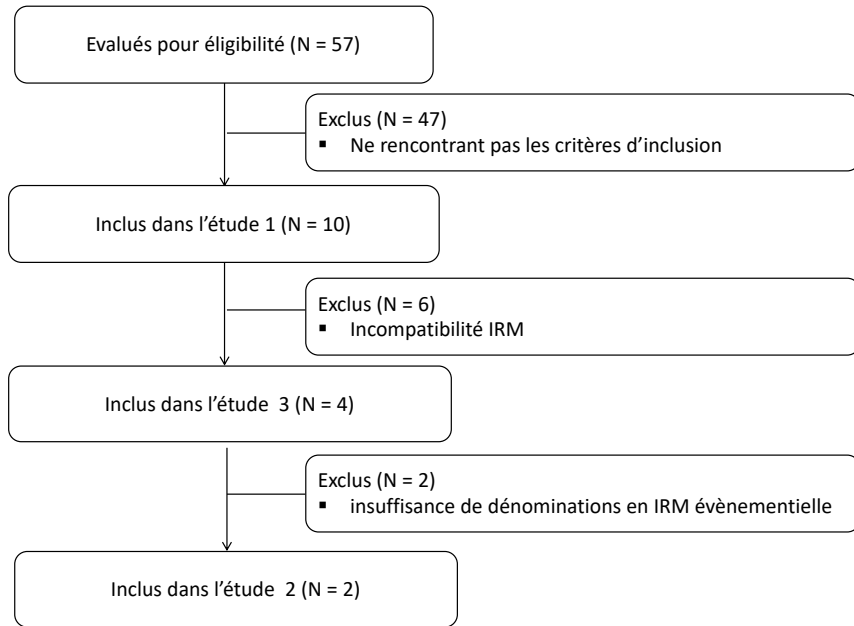


Figure 14: Diagramme de recrutement effectué dans le cadre des trois études

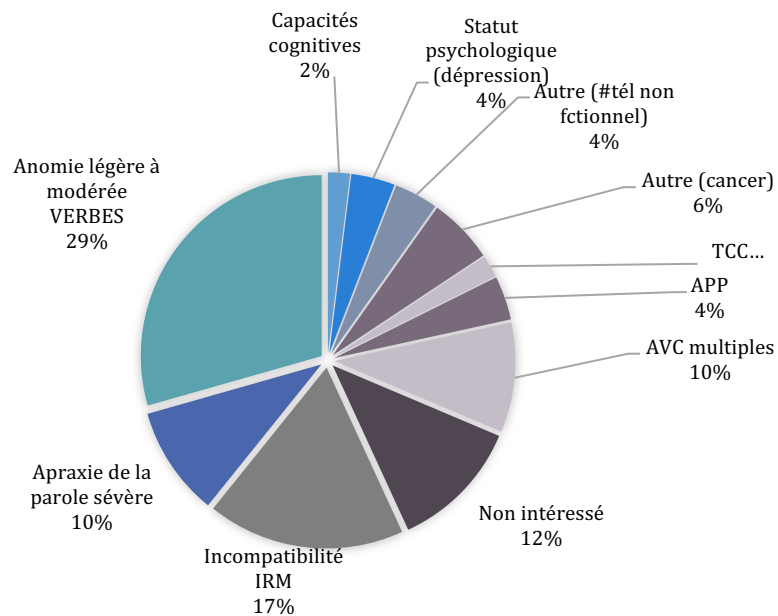


Figure 15: Répartition par motifs de non-éligibilité des personnes avec aphasie (N total = 57)

En résumé, la majorité des personnes ne répondait pas au critère de sévérité de l'anomie des verbes (29%). Les autres motifs de non-éligibilité consistaient en la présence de pathologies autres tels que des AVC multiples, la présence d'une apraxie de la parole sévère, une aphasie progressive primaire ou une dépression.

Suite à ce haut taux de non-éligibilité constaté, nous avons effectué des actions afin d'augmenter le nombre de participants. Nous détaillons ces actions dans la partie discussion générale (chapitre 4, partie B. section I).

Par ailleurs, pour l'étude 3, quatre participants contrôles appariés en âge, genre et niveau d'éducation ont été recrutés, en vue de comparer les performances en dénomination d'action avec le groupe de personnes présentant une aphasie. Ces personnes ont été recrutées par la banque de volontaires du Centre de Recherche de l'Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal (CRIUGM).

III. Matériel

Le matériel constitué dans le cadre de cette thèse consiste en un ensemble de 134 vidéos d'action. L'élaboration de ce matériel s'est basée d'une part sur la sélection de verbes d'action avec une attention portée aux variables psycholinguistiques de ces verbes, et d'autre part sur la sélection de critères d'enregistrement des actions associées à ces verbes.

a. Sélection des verbes d'action

Un ensemble d'études portant sur la dénomination de l'action en français a été consulté, avec notamment les travaux de Schwitter, Boyer, Meot, Bonin, and Laganaro (2004) avec des normes établies à partir de 112 dessins d'action, de Bonin, Boyer, Méot, Fayol, and Droit (2004) avec des normes établies à partir de 142 photographies d'action et les travaux de Bonin, Roux, Méot, Ferrand, and Fayol (2009) avec des normes établies à partir de 110 clips d'action. Les listes de verbes ont été comparées et le choix s'est opéré en fonction de la fréquence, la complexité syllabique, la complexité phonologique retrouvées de ces verbes à partir de la base de données Lexique 3.8 (New, Pallier, & Ferrand, 2005). En ce qui concerne la fréquence des verbes, les verbes ont été choisis pour favoriser l'impact fonctionnel de la thérapie. La base de données Lexique 3.8 présente l'avantage de baser ses données non plus seulement sur des relevés d'occurrence dans des livres, mais aussi sur des dialogues de films, et plus précisément sur les sous-titres. Ainsi, les occurrences sont extraites de dialogues et peuvent, de ce fait, servir à estimer l'usage de

la langue parlée. Ce sont les valeurs de fréquence de films que nous avons sélectionnées dans nos travaux, car il nous semblait plus proche de l'usage de la langue dans des échanges quotidiens. Les complexités syllabique et phonologique ont été colligées à partir de cette même base de données. Pour la valence, suivant la valence au sens défini par Tesnière (1959) avec un score attribué de 0 à 3 pour chaque verbe sélectionné. Enfin, pour l'imageabilité, les normes d'imageabilité n'étaient pas disponibles pour toutes les actions que nous avons sélectionnées. Nous avons donc calculé les normes d'imageabilité à l'aide d'un seuillage de six bases de données sur l'imageabilité des actions incluant les normes de Bonin et al. (2009), de Schwitter et al. (2004), de la base Omnilex (Desrochers, 2006), de Helen Bird et al. (2003) et des normes issues de la thèse de Boulenger (2006). Un tableau avec toutes les caractéristiques psycholinguistiques des verbes inclus se retrouve en annexe 2.

b. Réalisation des vidéos

Une analyse de la méthodologie employée notamment par Marangolo et al. (2010) et par Routhier et al. (2015) a précédé la réalisation des vidéos. Nous avons repris le temps court de cinq secondes pour le déroulement de chaque action. Cette courte durée permet non seulement un rythme d'administration rapide lors des thérapies, mais aussi cette durée est compatible avec une durée courte d'acquisition en imagerie par résonance magnétique (IRM) évènementielle.

Certains auteurs ont accepté de nous partager quelques vidéos issues de leur matériel (Routhier et al., 2015; Vannuscorps, 2012). Pour des raisons méthodologiques différentes des nôtres, les actions étaient tournées avec un focus sur les effecteurs (main), omettant donc l'ensemble de la scène accessible. Or, l'ensemble du contexte de la scène permet un indexage fonctionnel en lien avec la représentation sémantique de l'action. Dans la cadre de la théorie de la cognition incarnée et située, le contexte de déroulement d'une action est important (L. W. Barsalou, 2008). Par ailleurs, certaines vidéos étaient tournées avec le même acteur, le plus souvent jeune. Pour éviter l'habituation à un seul acteur, nous avons privilégié le tournage d'actions par un ensemble de six acteurs. Nous avons fait

appel à des acteurs bénévoles âgés, pour favoriser une meilleure simulation des situations par nos participants.

Ainsi, les séquences d'action ont été filmées dans des contextes naturels, suffisamment significatifs pour le déroulement de l'action, mais suffisamment épurés pour ne pas générer trop de distractions, afin de faciliter la reconnaissance de l'action. Chacune des séquences vidéos a été retravaillée (découpage, recadrage, enchaînement des actions) par un professionnel de l'image en vue de garantir un bon équilibre entre le focus sur l'action, la qualité de la vidéo, la diminution des distracteurs.

c. Normalisation des vidéos d'action

Pour nous assurer de la fiabilité de notre matériel et que chaque action mise en scène corresponde à un verbe donné, une normalisation des vidéos d'action a été effectuée sur visionnage de l'action et dénomination. Cette normalisation a été effectuée auprès d'un groupe de 13 personnes volontaires, saines, francophones québécoises. Leurs réponses ont fourni un étalon des verbes cibles, pour juger les productions de nos participants. Ainsi, pour chaque verbe, nous avons obtenu une fréquence de réponses. Dans le cas où deux ou trois verbes jugés synonymes étaient dénommés pour une vidéo d'action, nous avons considéré comme plausible les différents verbes donnés.

IV. Méthodologie de la recherche

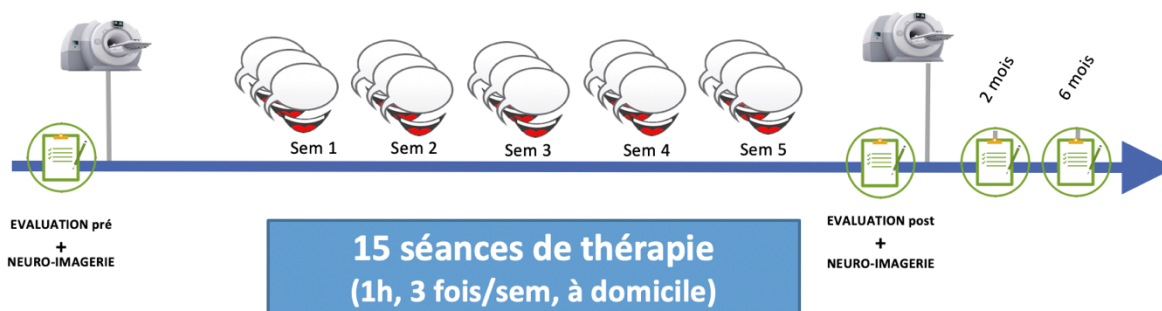


Figure 16 : Déroulement du projet de recherche

Avant la thérapie, une évaluation du langage et des fonctions cognitives était effectuée. Les différents tests proposés sont présentés dans le tableau 3 ci-dessous. Pour les participants

au protocole, la passation de l'examen était préalable à la thérapie. Par la suite, la thérapie était administrée trois fois par semaine, lors de séances d'une heure, le plus souvent au domicile du participant ou dans un local attribué dans une association partenaire du RAPAQ. Après la thérapie, une évaluation du langage et des fonctions cognitives composée des mêmes tests était effectuée. Pour les participants au protocole incluant l'examen en IRM, la passation de l'examen était réalisée avant et après la thérapie. Le suivi à deux mois et six mois était composée d'une évaluation du langage et des fonctions cognitives composée des mêmes tests qu'en pré et post-thérapie, mais sans examen IRM pour les participants compatibles.

a. Évaluation et objectifs

La thérapie POEM cible l'anomie des verbes dans une approche centrée sur le trouble (Kagan, 2011). Cependant, l'effet attendu de la thérapie est in fine une amélioration de la communication au quotidien. L'évaluation effectuée dans le cadre de cette thèse comprend à la fois des mesures des fonctions langagières classiquement étudiées dans les études de thérapie en orthophonie auprès de personnes ayant une aphasie, de même que des mesures de généralisation intra- et inter-niveau, de la communication fonctionnelle et des fonctions cognitives et motrices.

	Langage	Objectif
Fonctions langagières	Kissing and Dancing Test- test d'appariement sémantique Répétition MT 86 Compréhension orale MT86 Fluence MT-86 DVL-38 – dénomination de verbes TDQ -60 Discours narratif de Cendrillon	Critère d'inclusion et mesure clinique du traitement sémantique Mesure clinique du langage Mesure clinique du langage Mesure clinique du langage Généralisation intra-niveau Généralisation intra-niveau interclasses Généralisation inter-niveau
Communication fonctionnelle	CETI – échelle focntionnelle de la communication	Impact sur la communication fonctionnelle
Fonctions cognitives	• TMT • Flanker task • One-back test	Fonctions exécutives Attention Mémoire de travail
Fonctions motrices	Praxies bucco-faciales Praxies gestuelles KVIQ – échelle d'imagerie visuelle et kinesthésique	Mesure clinique Mesure clinique Mesure clinique

Tableau 3: Ensemble des tests proposés dans l'évaluation pré- et post-thérapie

b. Thérapie POEM

i. Le set de stimuli par participant

Pour chaque participant présentant une aphasie, un set de stimuli individualisé a été conçu selon les performances obtenues lors de la mesure de la ligne de base avec les 134 vidéos d'action. Le set contenait alors 80 actions dont :

- 20 dénommées spontanément correctement,
- 60 non correctement nommés lors des mesures de ligne de base, alors subdivisé en:
 - o 20 items entraînés
 - o 40 items non entraînés pour mesurer la généralisation de l'effet de POEM.

ii. Rythme des thérapies

La thérapie POEM a été administrée en suivant les principes d'une thérapie intensive, tels que déjà éprouvés lors de travaux antérieurs dans notre laboratoire (Marcotte et al., 2012; Marcotte et al., 2010). Ainsi, chaque participant a reçu une heure de thérapie par jour, trois jours par semaine pendant cinq semaines. Chaque séance d'une heure de thérapie permettant de travailler le set de vingt items sélectionnés en répétant la procédure indiquée ci-dessous au cours de trois à cinq cycles, dépendamment de la performance et de l'état de fatigue de chaque participant.

iii. Procédure de la thérapie

Pour chaque verbe d'action cible, la procédure de POEM suit la suivante (cf. figure 18) :

- Le participant observe l'action sur vidéo, et l'orthophoniste demande : « Qu'est-il/elle en train de faire ? », le participant dénomme alors l'action.
 - Si l'action est correctement dénommée, le verbe est répété une fois et l'item suivant est présenté.
- Si la dénomination est impossible ou incorrecte, alors l'orthophoniste demande : « Montrez-moi comment il/elle fait. ». Le participant fait le geste associé à l'action cible et dénomme.
 - Si l'action est correctement dénommée, le verbe est répété une fois et l'item suivant est présenté.
- Si la dénomination est impossible ou incorrecte, alors l'orthophoniste demande : « Fermez les yeux et imaginez-vous en train de faire cette action dans [un contexte pertinent identifié pour chaque participant]. » Le participant imagine l'action et dénomme.
 - Si l'action est correctement dénommée, le verbe est répété une fois et l'item suivant est présenté.
 - Si la dénomination est impossible ou incorrecte, le verbe est dénommé par l'orthophoniste en fin de processus et répéter par le participant une fois.

La répétition faite en fin de chaque possibilité d'indication dénomination assure un nombre de répétitions équivalent entre tous les indices possibles.



Figure 17: Procédure d'application de la thérapie POEM

iv. Organisation du set d'items travaillés en séance

Le set de vingt verbes a été organisé aléatoirement pour éviter un phénomène d'habituation et de dénomination par anticipation de la part de la personne avec aphasie. Ainsi, le caractère aléatoire de distribution des vingt items favorisait davantage l'intégration des stratégies de récupération des verbes. Pour ce faire, un script de génération aléatoire de distribution des vingt items par cycle pour maximum cinq cycles par séance a été codé par Guillaume Vallet.

c. Préparation et déroulement de l'acquisition en IRM

i. Présentation d'un livret explicatif du déroulement de la séance d'IRM

L'acquisition en IRM est un moment générateur de stress pour les individus en santé et d'autant plus pour les personnes avec aphasie. Afin de faciliter le déroulement de la séance d'acquisition, un livret présentant le déroulement de la séance a été préparé et présenté à chaque participant. Ce livret est présenté en annexe 3.

ii. Séance de préparation à la passation de l'examen en IRM

Avant la passation de la première séance d'IRM, tous les participants ont suivi une session de pratique dans l'IRM simulé (présent à l'Unité de Neuroimagerie fonctionnelle ((UNF), afin de s'habituer d'une part au bruit de l'IRM et à l'environnement, et d'autre part, à la tâche à effectuer dans l'IRM. Cela permet de diminuer le stress relié et d'améliorer les performances des participants lors des sessions d'IRM (Lapointe, 2005). La tâche à

effectuer dans l'IRM est la même que la tâche pratiquée lors de l'évaluation et ensuite lors des thérapies, à savoir : dénommer l'action ou dire « baba » pour les stimuli contrôle.

iii. Déroulement de l'acquisition en IRM

Le déroulement des acquisitions en IRM a été organisé de sorte à favoriser l'acquisition des données en IRMf événementielle en priorité mais aussi à mettre à distance la tâche d'acquisition neurofonctionnelle en état de repos pour éviter les activations rémanentes des acquisitions avec tâches.

d. Organisation du set d'items pour la tâche de dénomination des verbes en IRMf événementielle

Pour rappel, un set de 100 verbes par participant a été colligé, rassemblant les 20 dénommés spontanément correctement en ligne de base, les 40 items entraînés. La passation de la tâche de dénomination des 100 verbes a été divisée en deux runs pour éviter la fatigue du participant. Pour éviter un phénomène d'habituation et de dénomination par anticipation de la part de la personne avec aphasie, un script de génération aléatoire de distribution des 100 items a été codé par Guillaume Vallet.

i. Le set de stimuli pour l'IRM-ER

Pour les vidéos de contrôle utilisées en acquisition IRMf, nous avons travaillé avec un ingénieur en traitement du signal (Basile Pinsard) pour nous assurer de présenter une condition contrôle optimisée. En effet, selon le postulat utilisé en IRMf, la condition contrôle proposée lors de l'acquisition IRMf doit présenter des caractéristiques similaires à la condition expérimentale sauf le phénomène d'intérêt (Huettel, 2004). Dans notre étude en IRMf, notre cible est le traitement lexico-sémantique. Il s'agissait donc de présenter en condition contrôle des images présentant un même processus de production phonologique et de parole mais sans passage par un traitement lexico-sémantique, d'une part et les mêmes caractéristiques visuelles d'autre part.

En ce qui concerne le premier point de dénomination sans traitement lexico-sémantique, nous avons utilisé le procédé utilisé dans des études précédentes dans notre laboratoire (Marcotte et al., 2012; Marcotte & Ansaldo, 2010), à savoir les images floutées étaient

présentées pour la condition contrôle, au cours de laquelle les participants étaient entraînés à dire « BABA ».

D'autre part, en ce qui concerne les caractéristiques visuelles, nous n'avons pas pu reproduire le procédé utilisé par (Marcotte et al., 2012; Marcotte & Ansaldo, 2010) car nous utilisons des vidéos, avec des caractéristiques de mouvement à considérer. Selon Willenbockel et al. (2010), il est important de proposer des stimuli contrôle dont les attributs de perception visuelle de bas-niveau sont similaires aux stimuli de mesure, en terme par exemple de luminance, de contraste et de fréquence spatiale. Le non-respect de ces propriétés peut entraîner des biais susceptibles de remettre en cause les résultats obtenus en neuroimagerie selon différentes techniques dont l'IRMf. Kret, Denollet, Grezes, and de Gelder (2011) ont souligné l'importance de la caractéristique de mouvement et avaient utilisé une transformation de Fourier afin de flouter leurs images. Basile Pinsard a codé un script sur Matlab pour réaliser le floutage de nos données incluant un ensemble de données méthodologiques que nous avons colligées (Hoffman, Gothard, Schmid, & Logothetis, 2007 ; Kret et al., 2011; A. Lingnau, Gesierich, & Caramazza, 2009). Nos 134 vidéos ont été floutées suivant ce script. Nous avons ensuite utilisé un script automatisé pour présenter les images floutées correspondant exactement aux vidéos sélectionnées dans chaque set d'items par participant.

ii. Optimisation des intervalles inter-stimuli

Chaque stimuli était diffusé durant 5000 ms, avec un intervalle inter-stimuli (ISI) variable de 4325 ms à 8500 ms. Cet ISI est variable pour permettre l'acquisition en différents points de la réponse hémodynamique. Nous avons, de plus, travaillé avec Jason Steffener pour optimiser cet ISI en prenant en compte les données acquises par Marcotte et al. (2012) auprès de personnes avec aphasie en situation de dénomination pré- et post-thérapie. Le but de cette optimisation est d'accroître la puissance statistique des données acquises.

e. Aspects déontologiques

Notre recherche est effectuée auprès de personnes présentant une aphasie et de personnes dites « contrôles ». De plus, notre recherche inclut la passation d'un examen en

neuroimagerie. Nous avons donc déposé une demande d'évaluation de notre projet de recherche auprès du Comité mixte d'éthique de la recherche du Regroupement Neuroimagerie Québec (CMER-RNQ) le 15-04-2013. Notre projet de recherche a été approuvé par le CMER-RNQ le 03-07-2013. Vous trouverez en annexe 4, 5 et 6 les documents suivants, datés du 02 juillet 2013 : le formulaire d'information et de consentement, l'affiche de recrutement pour les participants âgés, l'affiche de recrutement pour les participants présentant une aphasie. Les mesures de confidentialité, les explications relatives à la passation de l'IRM sont incluses dans le formulaire d'information et de consentement que chacun des participants aura à signer.

V. Méthodes d'analyses

Les méthodes d'analyses comportementales et neurofonctionnelles sont présentées dans chacune des études soumises dans le cadre de cette thèse explicitées dans les chapitres subséquents.

Chapitre 3 - Résultats

A. Premier article : Personalised Observation, Execution, and Mental Imagery Therapy (POEM) to improve verb retrieval in post-stroke chronic aphasia: Generalisation and maintenance effects

Edith Durand ^{a,b*} & Ana Inés Ansaldo ^{a,b}

a Centre de recherche de l'institut universitaire de Gériatrie de Montréal CRIUGM

b École d'orthophonie et d'audiologie, Faculté de Médecine, Université de Montréal

edith.durand@umontreal.ca

Background: Aphasia is an acquired language disorder following brain injury with devastating consequences. The most common sign of aphasia is anomia, which is an impairment in word retrieval affecting nouns and verbs. Numerous studies have targeted noun anomia but few have considered verb anomia, even though verbs are crucial for sentence production. Among therapies developed for verb anomia, some therapies have used sensorimotor strategies with gesture or action observation to improve verb retrieval with improvement of lexical retrieval for treated verbs, but limited generalisation on untrained verbs. Similarly, few studies have shown maintenance of treatment effects after treatment withdrawal. This study aims to examine the effects of Personalized Observation, Execution, and Mental Imagery therapy (POEM), a new theory-driven therapy based on theoretical accounts linking language and sensorimotor processing supporting the idea that language and actions systems are tightly interwoven, namely through gestures and action perceptions and mental imagery. *Hypothesis:* POEM will improve verb retrieval for action verbs, and the effects of POEM will generalise to untrained words with effects persisting over time. *Methods and procedures:* POEM protocol integrates action observation, gesture execution and mental imagery cues, respecting principles of experience-dependent neuroplasticity. Repeated measurements were taken before and after POEM, and at two- and six-months post-treatment. Ten participants with chronic aphasia and moderate to severe verb anomia were assessed using the cognitive assessment battery, including a baseline for verb naming measures. Based on these measures, a personalized set was built including 20 verbs for training and a set of 40 untrained verbs for each participant. Accuracy scores and response times were collected for trained and untrained verbs at each measure point. Non-parametric statistical analysis was computed to measure the effects of POEM on trained and untrained verbs, together with the related effect sizes and maintenance of the effects at two- and six-months post-treatment. *Outcomes and results:* All 10 participants benefited from POEM and exhibited significant improvements in naming trained verbs. Moreover, a generalisation to untrained verbs was observed with POEM for 8 on 10 participants, and effects persisted for both trained and untrained verbs 6 months after POEM withdrawal. *Conclusions:* The structure and rationale of POEM contribute to the development and implementation of an effective verb retrieval strategy that results in improvement, generalisation and maintenance of therapy effects over time. POEM can effectively treat verb anomia in the context of aphasia in moderate to severe cases, as well as chronic cases.

Keywords: aphasia, anomia, therapy, verbs, embodied cognition

1. Introduction

About 30% of stroke survivors have long-term speech and language difficulties caused by aphasia, an acquired language impairment following brain damage (Flowers, Silver, Fang, Rochon, & Martino, 2013; Watala and Balarabe, 2015). Defined as a difficulty to retrieve words, anomia is the most frequent and pervasive symptom for people with aphasia, regardless of aphasia type (Potagas, Kasselimis, & Evdokimidis, 2017). Anomia can affect different types of words, including nouns and verbs (Conroy, Sage, & Lambon Ralph, 2006; Vigliocco, Vinson, Druks, Barber, & Cappa, 2011). A substantial body of aphasia research has focused on noun retrieval, while therapies targeting verb anomia remain rare (Webster and Whitworth, 2012). However, verb deficits are more common than noun deficits (87% according to the review of Mätzig et al. (2009)), with no clear-cut correspondence with aphasia type (Conroy, et al., 2006; Mätzig, Druks, Masterson, & Vigliocco, 2009; Webster and Whitworth, 2012). Moreover, verb retrieval difficulties are pervasive and can negatively impact daily communication (Rofes, Capasso, & Miceli, 2015).

The efficacy of verb anomia therapy has been shown irrespective of whether verbs are trained within a single-word or sentence context (Webster and Whitworth, 2012). However, a recent meta-analysis on the efficacy of treatments for verb production by de Aguiar et al. (2016) shows that a vast majority of studies (85.5%) failed to document improvements on untrained verbs (de Aguiar, Bastiaanse, & Miceli, 2016). The generalisation of therapy effects to untrained words is the gold standard in aphasia treatment (Thompson, 2006). The absence of generalisation limits the impact of therapy on everyday functional communication. This is particularly evident in the case of verb anomia, given the key role of verbs and especially action verbs in everyday communication (Bastiaanse, Edwards, Mass, & Rispens, 2003; Conroy, et al., 2006; Rofes, et al., 2015; Sloan Berndt, Mitchum, Haendiges, & Sandson, 1997) (Bastiaanse and Jonkers, 1998). Hence, Rofes et al. (2015) have shown that performance on tasks that require the use verbs may provide a more accurate estimate of language abilities in daily living (Rofes, et al., 2015).

Finally, speech therapy consumes significant human and economic resources, calling for both efficacy and efficiency in therapy approaches. For these reasons, it is important to identify a verb retrieval therapy that promotes generalisation effects to untrained verbs.

The purpose of this research is to design, develop and test a novel therapy that aims to improve action verb production. This therapy should not only improve trained verbs but induce generalisation of therapy effects of untrained action verbs and maintenance of these effects over time.

Previous research on verb anomia therapies can be grouped into two main streams according to psycholinguistic accounts on word retrieval. Specifically, authors have based verb anomia therapies on models of word processing attributing a key role to the phonological and semantic dimensions of verb retrieval. In phonological therapies, the protocol is based on cues or questions concerning the sound form of the target verb (e.g. initial phoneme question : *What sound does it start with?* ; e.g. rhyme question : *What sound does it end with?*) to elicit verb retrieval (Leonard, Rochon, & Laird, 2008). On the other hand, semantic therapies use semantic cues that reinforce semantic features, i.e. the basic conceptual component of the meaning of a word to boost target-related semantic representations. Thus, the enhancement of semantic representation spreads to the phonological output level and triggers word recall. In particular, Semantic Features Analysis (SFA) is a semantic treatment in which the participant is requested to generate words associated with the target word in order to boost semantic features and elicit lexical retrieval. Wambaugh et al. (2007) studied the effects of SFA on action verb retrieval on one participant with moderate anomic aphasia, who suffered from mixed semantic-phonologic impairment. The authors found improvements in trained verbs but no generalisation to untreated items (Wambaugh and Ferguson, 2007). Faroqi-shah et al. (2011) administered a semantic therapy to two participants with chronic aphasia and moderate verb anomia. One participant improved on trained verbs whereas the other did not, but neither demonstrated generalisation to untrained verbs (Faroqi-Shah and Graham, 2011).

In other studies, semantic and phonological strategies were combined or compared (Raymer et al., 2007; Wambaugh, Cameron, Kalinyak-Fliszar, Nessler, & Wright, 2004; Wambaugh,

Doyle, Martinez, & Kalinyak-Fliszar, 2002; Wambaugh et al., 2001). In a study comparing Phonological Component Analysis therapy and Semantic Cueing Treatment, Wambaugh et al. (2004) found mixed response patterns for five participants with chronic aphasia. For two participants, both treatments led to significant improvements in trained verb naming, with similar effects across treatments. For the three other participants, increases in correct word naming were not significant. No generalisation was found for the five participants in this study (Wambaugh, et al., 2004). Raymer et al. (2007) assessed the effects of a similar therapy approach, combining repetition, phonological questions and semantic questions about actions, on seven participants with chronic aphasia. One participant had aphasia four months post-stroke and suffered from moderate to severe verb anomia (Raymer, et al., 2007). The results indicated that five out of eight participants demonstrated significant improvements on trained verbs, but no generalisation occurred to untrained verbs (Raymer, et al., 2007). Phonological therapy approaches did not generate consistent results for participants with verb anomia.

In summary, phonological and semantic approaches led to variable results across studies, which led to improvements in trained verbs but no generalisation to untrained verbs. It is interesting to note that although word meaning depends on modal experiences (e.g. auditory, olfactory, motor experiences), none of these approaches considers a specific feature of verbs, such as action verbs or a dynamic semantic feature (Pulvermüller, 2005, 2011).

Several neuroimaging studies have demonstrated the link between the semantic processing of a word and the recruitment of modality-preferential with auditory, olfactory or motor areas (González et al., 2006; Hauk, Johnsrude, & Pulvermüller, 2004; Kiefer, Sim, Herrnberger, Grothe, & Hoenig, 2008)). For example, the inferior-frontal cortex, including motor and premotor cortex, is associated with the processing of action words (Pulvermüller, 2005). A metaanalysis based on thirty-eight imaging studies reviewed modality-specific knowledge during language comprehension tasks (Binder and Desai, 2011). The study found that the action knowledge peaks were clustered in sensorimotor regions in the posterior frontal and anterior parietal lobes. The underlying hypothesis is that learning a word involves sensory and motor modalities, which impacts functional brain networks supporting

word processing (Pulvermüller, 2005, 2012; Pulvermüller, Preissl, Lutzenberger, & Birbaumer, 1996). In other words, the learning modality and features of a word will determine the conceptual and brain-related substrates supporting word retrieval.

According to the link between sensorimotor modalities and semantic features of action words, therapy approaches have been developed using sensorimotor strategies to facilitate verb retrieval including action observation, action execution and action-related gestures. In particular, Marangolo et al. showed that action observation alone improves verb retrieval in aphasia (Bonifazi et al., 2013; Marangolo et al., 2010; Marangolo, Cipollari, Fiori, Razzano, & Caltagirone, 2012). First developed for stroke patients who suffered from a motor deficit affecting the upper limbs, Action Observation Therapy (AOT) has consistently been shown to be effective in enhancing motor function (Ertelt and Binkofski, 2012; M Franceschini et al., 2010; Marco Franceschini et al., 2012). Marangolo et al. (2010) administered AOT to six participants with chronic aphasia (five participants had suffered from a stroke, and one had a severe traumatic brain injury), who suffered from moderate to severe verb anomia, and compared the effects of action observation and combined action observation on execution (Marangolo, et al., 2010). The authors (Marangolo, et al., 2010) found that action observation alone was sufficient to facilitate verb retrieval. This is an important finding in support of a modal-dependent representation of action: the study demonstrates that action observation interacts with language processing, inducing modification at the lexical level in patients with brain damage. In another study (Marangolo, et al., 2012), the authors replicated their results with AOT with seven participants with chronic aphasia, who significantly improved their verb naming capacities on trained verbs. Six out of the seven participants improved their use of verbs in a description task (Marangolo, et al., 2012). Notwithstanding the importance of these results, no generalisation to untrained verbs was reported by the authors. Meanwhile, a limited effect on trained verbs and no effect on untrained verbs were observed in recent studies using AOT with two participants with chronic aphasia who suffered from moderate to severe verb anomia (Routhier, Bier, & Macoir, 2015).

Other studies have examined the efficacy of gestures to facilitate verb retrieval, with the underlying hypothesis that gestures favour the activation of semantic features that trigger the activation of the lexical representation of the target word (Morsella and Krauss, 2004).

Studies have compared the effects of gesture execution and semantic and phonological cues on verb retrieval. Specifically, Rodriguez et al. (Rodriguez, Raymer, & Gonzalez Rothi, 2006) compared the efficacy of gesture execution versus semantic-phonological cueing in two subacute participants with aphasia and three participants with chronic aphasia who suffered from light to severe chronic verb anomia (2006). The results showed limited effects on trained verbs in three participants with aphasia, while the fourth patient improved equally on trained verbs from both treatments. No generalisation on untrained verbs was found (Rodriguez, et al., 2006). Boo and Rose (Boo and Rose, 2010) compared the effects of gesture execution and semantic cueing versus semantic cueing only in two participants with chronic aphasia with severe verb anomia. The study showed equal benefits for both therapies for participants with aphasia, specifically with trained verbs, and no generalisation to untrained verbs. In their study, Raymer et al. (2006) examined the effect of combining gesture execution with verbal naming to improve noun and verb retrieval in a group of nine participants with aphasia including two subacute participants and seven participants with chronic aphasia who suffered from moderate to severe verb anomia. The results showed improved naming of trained nouns and verbs in five participants, but no generalisation on untrained words (Raymer et al., 2006). Similarly, Rose and Sussmilch (2008) show that combining gesture production and verb naming improved action-naming performance on trained verbs for two out of three participants with aphasia with severe verb anomia. These two participants with aphasia also demonstrated a significant improvement on untrained verbs but with a small effect size. The third participant with semantic-based impairment did not respond to the therapy (Rose and Sussmilch, 2008). Finally, Carragher et al. (2013) examined the efficacy of a combination of semantic, phonological and gesture execution cues to improve verb retrieval with nine participants with non-fluent chronic aphasia. The evidence showed an improvement on trained verbs and an improvement on untrained verbs for five participants with aphasia (Carragher, Sage, & Conroy, 2013). This latter result is the first to demonstrate a generalisation to untrained verbs following a therapy combining semantic, phonological and gesture execution cues.

In sum, previous studies (Bonifazi, et al., 2013; Boo and Rose, 2010; Carragher, et al., 2013; Marangolo, et al., 2010; Marangolo, et al., 2012; Raymer, et al., 2006; Rodriguez, et al., 2006;

Rose and Sussmilch, 2008; Routhier, et al., 2015) show that gesture execution and action observation improved retrieval of trained verbs. Only one study demonstrated a generalisation on untrained verbs following a therapy combining semantic, phonological and gesture execution cues (Carragher, et al., 2013). In general, the authors agreed that greater improvements are observed when participants still demonstrate a preserved semantic knowledge. Poor recovery is observed in cases where participants exhibit greater semantic impairment (Bonifazi, et al., 2013; Boo and Rose, 2010; Carragher, et al., 2013; Marangolo, et al., 2010; Marangolo, et al., 2012; Raymer, et al., 2006; Rose and Sussmilch, 2008; Routhier, et al., 2015). The metaanalysis from de Aguiar et al. (2016) on verb retrieval therapies confirmed that the improvement on trained verbs was related to the preserved semantic knowledge and phonological output abilities including working memory, as measured by word repetition. Only 14.5% of the studies (out of a total of 30 studies) included in the metaanalysis demonstrated a generalisation effect on untrained verbs. The authors (De Aguiar et al., 2016) found that generalisation effect on untrained verbs was more frequent in participants with aphasia with grammatical impairment and poor noun comprehension (<85%). Participants with aphasia with grammatical impairment and relatively high noun comprehension receiving fewer than 2.6 sessions per week demonstrated greater improvements in verb retrieval. Another perspective in the understanding of verb processing and its deficits stems from recent neuroscience research, particularly on the crucial role of sensorimotor processes. In this regard, both behavioural studies (Aravena et al., 2012) and neurofunctional studies (Aziz-Zadeh, Wilson, Rizzolatti, & Iacoboni, 2006 ; Bedny, Caramazza, Pascual-Leone, & Saxe, 2012; Binder, Desai, Graves, & Conant, 2009; Boulenger, Hauk, & Pulvermüller, 2009; Buccino et al., 2004; Caspers, Zilles, Laird, & Eickhoff, 2010; Fernandino et al., 2013; Jirak, Menz, Buccino, Borghi, & Binkofski, 2010; Tettamanti et al., 2005; Tremblay and Small, 2011) suggest that understanding action words recruits motor areas of the brain. Furthermore, in their study, Tomasino and Rumiati (2013) showed that imagining actions recruits sensorimotor areas. Visual mental imagery facilitates internal representation, which functions as a weak form of perception (Pearson, Naselaris, Holmes, & Kosslyn, 2015). Mental imagery is known to be an efficient therapy tool for rehabilitation of motor impairments (García and Aboitiz, 2016). In language rehabilitation, mental imagery is a relatively new tool, although some studies on aphasia recovery report

the activation of visual mental imagery processing areas, such as the inferior occipital gyrus (Gleichgerrcht et al., 2016).

In summary, research on therapy approaches for action verb anomia has provided promising but limited results on the efficacy of action observation, gesture or mental imagery used in isolation (Bonifazi, et al., 2013; Boo and Rose, 2010; Carragher, et al., 2013; Marangolo, et al., 2010; Marangolo, et al., 2012; Raymer, et al., 2006; Rodriguez, et al., 2006; Rose and Sussmilch, 2008; Routhier, et al., 2015). Neuroscience research shows that action representations are processed via a shared motor representation for the execution, observation and simulation of action (Aravena, et al., 2012; Aziz-Zadeh, et al., 2006; Boulenger, et al., 2009; Buccino, et al., 2004; Caspers, et al., 2010; Fernandino, et al., 2013; Jirak, et al., 2010; Pulvermüller, 2005, 2011; Pulvermüller and Fadiga, 2016; Tettamanti, et al., 2005; Tremblay and Small, 2011). This link between language and motor processing indicates that sensorimotor strategies may be effective for improved verb retrieval. Taking into account the promising but limited results obtained with anomia therapy approaches and the neuroscience data showing the link between language and motor systems, we designed a new therapy approach combining three sensorimotor strategies previously proven efficient to treat verb anomia. These three sensorimotor strategies include action observation, gesture execution and mental imagery. Our study protocol includes principles of experience-dependent neuroplasticity used in our previous work (Marcotte and Ansaldo, 2010). These principles are important for recovery and may enhance plasticity and language reorganization in people with aphasia (Kiran and Thompson, 2019; Kleim and Jones, 2008; Pulvermüller and Berthier, 2008). Hence to follow the principle of use, improve or lose it, POEM focuses on verb anomia to lead to recovery of underlying neural mechanisms associated with verb naming; to follow the principle of the specificity, POEM is based on neuroscience research showing the mutual connections of language and action systems in the brain; to follow the principle of the salience which is not well-explored until now (Kiran and Thompson, 2019), POEM is applied on a personalised set of verbs to be trained for each participant to enhance motivation; to follow repetition and intensity principles which are still in debate for the definition (Dignam, Rodriguez, & Copland, 2016; Kiran and Thompson, 2019), POEM is administered to favour a large number of trials for each verb during each

therapy session, with an intensity of three hours per week for five weeks. Several studies have shown the benefits of massed practice, which is as practice of a given number of trials in a short time (Middleton, Schwartz, Rawson, Traut, & Verkuilen, 2016; Pulvermüller and Berthier, 2008). It is expected that POEM will improve action verb retrieval for chronic aphasia with a significant effect on trained and untrained verbs. We also expect maintenance of the effects on trained verbs and generalisation effects at two- and six-months post-therapy.

2. Methods

2.1. Participants

Ten francophone participants with chronic aphasia subsequent to a single stroke in left the hemisphere (LH) were recruited from the Montreal metropolitan area, as well as through aphasia associations. Demographic information on participants is presented in Table 1. Aphasia severity and typology were determined by an experienced speech-language pathologist (SLP: ED). Inclusion criteria were: (1) a single LH stroke, at least one year post-onset (no spontaneous recovery possible); (2) a diagnosis of moderate to severe aphasia, according to the Montreal-Toulouse Battery MT86 (Nespoulous et al., 1986); (3) the presence of verb anomia according to a standardized naming task (DVL38) (Hammelrath, 1999); (4) having French as their mother tongue; and (5) being right-handed prior to the stroke (Edinburgh Inventory, Oldfield, 1971). Exclusion criteria were: (1) the presence of a neurological or psychiatric diagnosis other than stroke; or (2) diagnosis of mild cognitive impairment or dementia prior to stroke. Participants gave written informed consent according to the Declaration of Helsinki.

The present study was approved by the Ethics Committee of the Regroupement de Neuroimagerie/Québec CMER RNQ 13-14-003. Our laboratory has a partnership with the RAPAQ (Regroupement des Associations des Personnes avec Aphasie du Québec), and the recruitment was done via the RAPAQ from 2015 to 2017. People who volunteered to be part of the study were contacted and interviewed to determine if they met the inclusion criteria. Data were collected from October 2015 to October 2017, including individual follow-up meetings. Participants were accompanied by a friend or caregiver for the first meeting. For

the following sessions, participants met individually with a member of our research team in a quiet and comfortable room, located at the RAPAQ or in the participant’s home. Participants in this study did not receive language therapy for the duration of the study, including the maintenance period.

Table 1 Sociodemographic and clinical data for the 10 participants

Participant	Age (years)	Sex	Years of education	Time post-onset (months)	Aphasia type	Aphasia severity (BDAE scale)
P1	74	M	18	49	Broca	2
P2	75	M	15	74	Transcortical motor	2
P3	65	W	18	84	Transcortical motor	3
P4	72	M	8	23	Transcortical motor	4
P5	55	W	12	36	Broca	2
P6	59	M	12	56	Broca	2
P7	72	W	11	408	Transcortical motor	2
P8	72	M	18	46	Anomic	4
P9	56	W	11	252	Broca	1
P10	63	M	18	33	Anomic	5

BDAE = Boston Diagnostic Aphasia Examination (1 indicates severe aphasia)

2.2. Experimental procedure

Similarly to our previous research, this study followed an A-B-A experimental design (Marcotte & Ansaldo, 2010, 2012, 2013; Durand, 2018 #1943) and combines a single-subject research design approach with group-level analysis (Johnson, Ross, & Kiran, 2019). All participants completed a language and cognitive assessment battery, including a baseline for naming probes prior to therapy. Participants were probed on trained and untrained sets of action verbs after receiving POEM from a trained speech and language pathologist (SLP) for three one-hour sessions for five weeks at home or in a quiet individual room provided by RAPAQ. A follow-up with the same language and cognitive assessment as pre and post-therapy was conducted at two and six -months post-treatment.

2.3. Language and cognitive assessment

Different tests were administered to establish the linguistic and cognitive profile of the participants. The following tests were selected to allow a description of the aphasia profile:

a) the subtests from Montreal-Toulouse 86 Beta version (Nespoulous et al., 1986) to assess global comprehension, repetition and fluency; b) the Kissing and Dancing Test (KDT) to determine a potential semantic impairment for actions (Bak and Hodges, 2003); c) the Test de Dénomination de Verbes Lexicaux (DVL38) for verb naming (Hammelrath, 1999); d) the Test de Dénomination de Québec (TDQ) for noun naming (Macoir, Beaudoin, Bluteau, Potvin, & Wilson, 2017); and e) three subtests of the Apraxia Battery for Adults—Second Edition (Dabul, 2000) to measure the presence and severity of verbal, limb apraxia and apraxia of speech. The presence of speech apraxia was not considered as an exclusion criteria as it often co-occurs with aphasia (Ballard et al., 2015). f) Finally, the Aphasia Severity Rating Scale of the Boston Diagnostic Aphasia Examination (BDAE) was used to rate the severity of aphasia (Goodglass and Kaplan, 1983). Table 2 presents background information for each participant and shows that participants demonstrated impaired noun and verb retrieval, as well as a preserved comprehension and semantic action knowledge, and a relatively preserved repetition capacity.

Cognitive functions, including memory, attention and executive functions, have been shown to be important factors in aphasia intervention (Cahana-Amitay and Albert, 2014; Vallila-Rohter and Kiran, 2013). The following neuropsychological tests were administered: a) the MONTreal Cognitive Assessment (MOCA) to screen for cognitive impairments; b) the Trail Making Test to assess executive abilities (Tombaugh, 2004); c) a modified version of Eriksen flanker task to assess executive abilities and attention (Dash and Kar, 2014) and d) a one-back test for the working memory (Falleti, Maruff, Collie, & Darby, 2006; Maruff et al., 2009). The treatment design for this study is based on mental imagery. We also used the Kinesthetic and Visual Imagery Questionnaire (KVIQ), a test designed to assess motor imagery in persons with physical disabilities (Malouin et al., 2007). Table 2 shows participant scores for cognitive assessments, such as short term/working memory and executive functions.

2.4. Stimuli

The stimuli used for the naming task were 5-second action videos. One hundred and thirty-four human actions were recorded, similarly to Marangolo & al. (2010) and Routhier & al. (2015). The verbs were selected based on a list of one hundred and two actions selected by Schwitler & al. (2004), which was developed to respect several psycholinguistic variables to

provide French normative data (Schwitzer, Boyer, Méot, Bonin, & Laganaro, 2004). This list was supplemented with twenty-two additional actions, according to the same psycholinguistic variables (New, 2006; Schwitzer, et al., 2004). Each action video was recorded in a natural and functional context, so that the participant was able to understand the action, with a focus on the action to prevent distractions. Each video sequence was optimized (cutting, cropping, sequencing of actions) by an image professional to ensure a balance between the focus on the action and the quality of the video. Each video was formatted to be presented on a Lenovo laptop (ThinkPad E560) using E-Prime Professional software (Psychology Software Tools, Inc. Sharpsburg, PA). A name agreement test was carried out with a group of 13 healthy, francophone, older adult volunteers to ensure the reliability of our material. Each oral answer was collected by an SLP (ED) and analyzed to associate the correct action verb and synonyms to each action video.

2.5. Baseline and verbs for therapy

Before therapy, the participants underwent two baseline naming assessments using 134 action videos. Baselines were separated by at least four days. All 10 participants demonstrated stable oral naming performance (Wilcoxon test, $Z=20$, $p=0.475$) as expected to ensure that changes are due to the therapy (Gierut, Morrissette, & Dickinson, 2015).

In order to provide a more personalised therapy, a set of stimuli was created for each participant based on individual performance on the baseline as follows: correctly named (spontaneous, $n = 20$) and incorrectly named ($n = 60$). An example of a set of stimuli is presented in Annex 1. Of the incorrectly named verbs, only 20 were trained, and the remaining 40 verbs allowed us to measure the generalisation of therapy effects to untrained verbs. All sets of verbs (spontaneous, trained and untrained) were matched for word frequency, number of phonemes and syllabic complexity. Statistical analysis of the lists showed non-significant differences regarding these variables, as presented in Annex 2.

1 **Table 2 Individual pre-treatment scores on selected language and cognitive assessment tests**

2

Patient ID		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Language	DVL38 verb naming (%)	na	21	68	55	6	39	55	79	13	66
	TDQ noun naming (%)	67	28	67	18	30	38	87	35	2	87
	KDT semantic action (%)	83	77	98	92	94	87	92	87	90	92
	MT86 Oral Comprehension (%)	94	57	98	77	68	74	68	83	66	100
	MT86 Repetition (%)	82	70	82	94	85	70	85	100	27	94
	MT86 Lexical evocation—semantic criteria	5	4	11	5	1	5	15	5	3	15
	CETI (%)	71	46	70	62	39	65	58	69	38	92
	Level of apraxia of speech	L AoS	S AoS	M AoS	none	M AoS	S AoS	L AoS	none	M AoS	none
Executive functions	TMTa (SD)	-2	<-3	<-3	-3	<-3	<-3	0	<-3	<-3	-1
	TMTb (SD)	-5	<-3	<-3	-1	<-3	<-3	<-3	<-3	<-3	<-3
	Flanker task ratio CE	-0,38	na	117,53	31,45	108,27	197,29	37,95	112,88	153,61	102,85
	Flanker task ratio CR	-0,01	na	0,18	0,06	0,10	0,31	0,06	0,19	0,20	0,13
Memory	One Back test accuracy	0,87	na	1,32	1,13	1,39	1,27	1,08	0,86	0,93	1,03
	OneBack test reaction time	3,11	na	2,93	2,84	3,11	2,95	2,90	3,07	3,01	3,13
	MoCA	23	4	17	14	12	12	21	22	9	21
Gesture	Limb praxis (%)	88	36	100	100	70	82	76	na	42	94
	Orofacial praxis (%)	72	32	78	100	58	26	72	na	64	100
	KVIQ-visual score (%)	70	66	97	na	68	81	80	95	85	96
	KVIQ-kinesthetic score (%)	60	55	82	na	74	76	73	90	88	98

2.6. POEM therapy

A trained SLP (ED) provided the POEM therapy, which was provided for one hour, three times per week, over five weeks. All 10 participants completed the fifteen hours of therapy.

During each session, participants were asked to name 20 actions in 5-second videos on a laptop using an infinitive verb. Participants were asked to use infinitive verbs to engage the lexical retrieval process, whereas the inflected form would have engaged syntactic and morphological processes in addition to lexical retrieval (Vigliocco, et al., 2011). Oral naming was recorded online using an E-prime recorder to enable post-hoc verification of the transcription, which was transcribed and rated 0 or 1 by the experimenter (ED). If the participant could not name the action within five to 10 seconds, they were asked to make the gesture associated with the action with the help of the SLP. If the participant could not name the action, they were asked to imagine the action in a personal context. For example, the SLP would ask the participant, “Show me what the person is doing with your hands” for the action to water, which was then imitated by the participant. If the participant still could not name the action, the SLP would say, “Imagine this action in your garden.” After these prompts, the word was given to the participant, who was asked to repeat it once.

2.7. Outcome measure

The outcome measure was the accuracy and the response time of verb naming. The 5-second videos for each set of trained and untrained verbs were merged and randomly presented. Verb naming measures were recorded at baseline, post-assessment and at two and six months post-treatment. No cues or feedback were provided. Each answer was recorded online, transcribed and rated 0 or 1 by an experienced SLP (ED). The response time was measured from the end of the stimulus in milliseconds. However, the response time recording failed for a majority of participants. The mean response time of verb naming at the first POEM session and at the last one was analysed.

2.8. Statistical analyses

As recommended for single case analysis for intervention research (Lobo, Moeyaert, Cunha, & Babik, 2017), a visual analysis was first performed to evaluate

effects at the individual level (See Figure 1 and 2). Second, analyses were performed with Jamovi version 0.9 (Love, Dropman, & Selker, 2018) to assess the effects of POEM on 1) trained verbs, 2) generalisation and 2) maintenance of improvements at two and six months post-treatment at the group level. The statistical analyses performed were the following: 1) The effects of POEM on trained verbs at baseline and post-therapy were compared using a Wilcoxon signed-rank test at the group level. 2) If generalisation occurred, the scores on untrained verbs were compared using a Wilcoxon signed-rank test at the group level at baseline time and post-therapy. 3) Maintenance of the effects on trained and untrained verbs at the two- and six-month follow-up was compared using a Friedman's χ^2 test at group level, followed by a post-hoc analysis with a pairwise comparison (Durbin-Conover test). The scores on trained and untrained verbs were assessed and compared at baseline time, post-treatment, and at the two- (FU2m) and six-month (FU6m) follow-ups. Unfortunately, the response time recording failed for the majority of the ten participants at the four assessment points. As the response times for each therapy session were available for trained items, the statistical analysis was performed on response time for trained verbs at the first therapy session and at the last one. Effect sizes were also calculated using the Cohen's *d* statistic to estimate the magnitude of the intervention effects for trained and untrained verbs from baseline to post-therapy at the group level. The benchmarks used to interpret effects sizes are 0.2, 0.5 and 0.8 for small-, medium, and large-sized effects, respectively (Cohen, 1988).

3. Results

3.1. Visual analysis

Figure 1 illustrates the verb naming performance on trained verbs at pre and post-POEM for the ten participants. Visual analysis of the graph shows an increase in naming scores from pre- to post-therapy for the trained verbs for the ten participants.

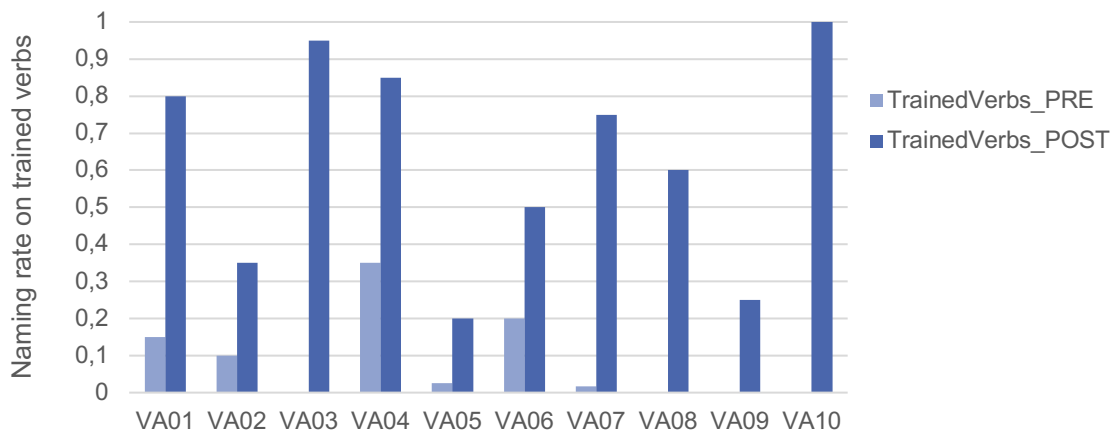


Figure 1 Comparison of individual verb naming performance on trained verbs between pre- and post-therapy

Figure 2 illustrates the verb naming performances on untrained verbs at pre and post-POEM for the ten participants. Visual analysis of the graph shows an increase in naming scores from pre- to post-therapy for the untrained verbs for eight of the ten participants.

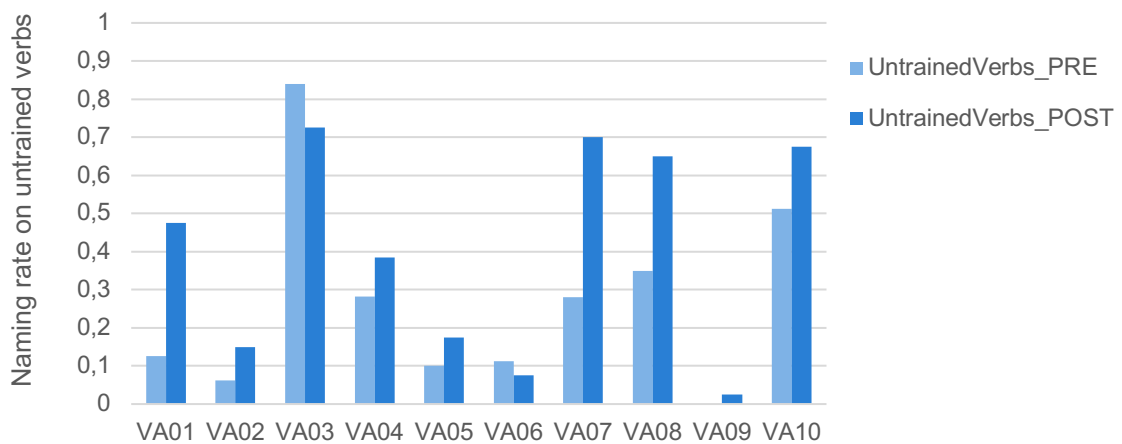


Figure 2 Comparison of individual verb naming performance on untrained verbs between pre- and post-therapy

3.2. Effects on trained verbs

The mean scores performed on trained verbs from the baseline and post-POEM were compared with the Wilcoxon signed-rank test, revealing a significant difference ($Z= 0, p=0.002$) with a corresponding effect size of 1.81 (see figure 3).

The mean response time performed on trained verbs from the first therapy session and the last therapy session were compared with the Wilcoxon signed-rank test, revealing a significant difference (mean response_time_1stsession : 3053 ms - mean response_time_15thsession : 2428 ms , $Z= 35$, $p=0.008$).

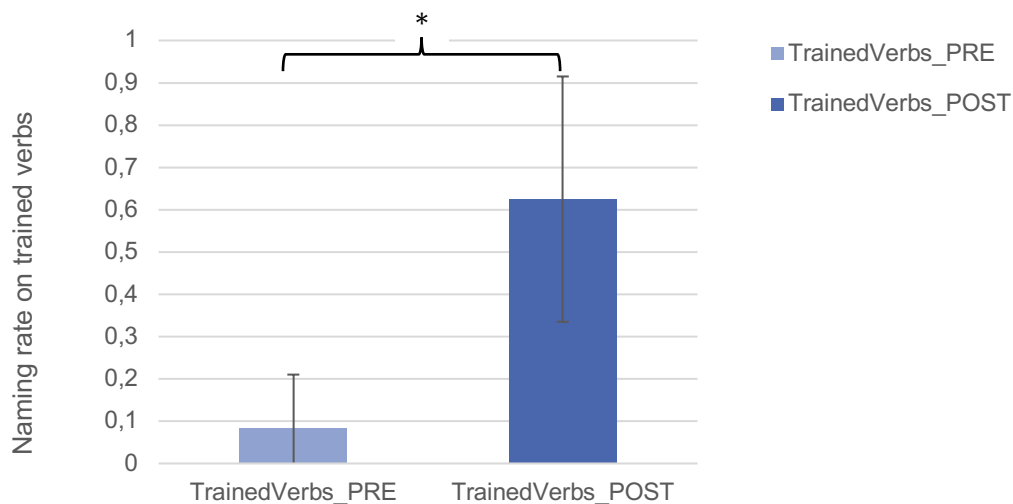


Figure 3 Verb naming performance on trained verbs between pre- and post-therapy

3.3. Effects on untrained verbs

The mean scores performed on untrained verbs from the baseline and post-POEM were compared using the Wilcoxon signed-rank test, revealing a significant difference ($Z=8$, $p=0.024$) with a corresponding effect size of 0.796 (see Figure 4).

Unfortunately, as the response time recording failed for the majority of the ten participants at the four assessment points, this do not allow to compare the response time for untrained verbs.

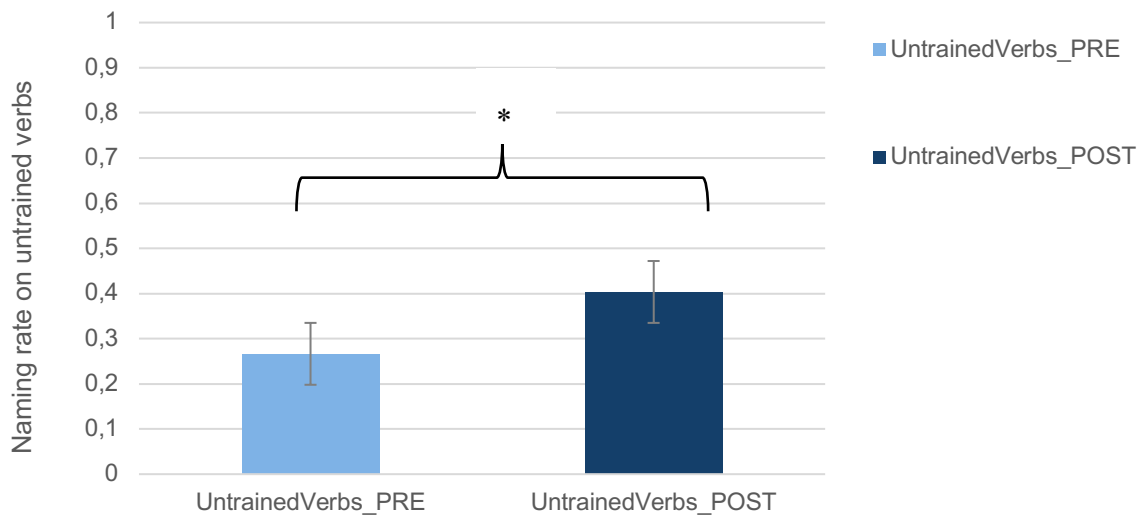


Figure 4 Verb naming performance on untrained verbs between pre- and post-therapy

3.4. Maintenance for trained and untrained verbs at FU2m and FU6m

The mean scores performed on trained verbs at each of the four phases (baseline vs. post-POEM vs. FU2m vs. FU6m) were compared with a Friedman test analysis, revealing a significant difference ($\chi^2 = 17$, $p < 0.001$). Post-hoc analysis (Durbin-Conover test) revealed a significant difference between baseline and post-POEM ($\chi^2 = 6.61$, $p < 0.001$), between baseline and FU2m ($\chi^2 = 5.59$, $p < 0.001$), and between baseline and FU6m ($\chi^2 = 4.07$, $p < 0.001$).

No significant differences were found between post-POEM and FU2m ($\chi^2 = 1.02$, $p = 0.321$) and between FU2m and FU6m ($\chi^2 = 1.52$, $p = 0.142$). However, a significant difference was found between post-POEM and FU6m ($\chi^2 = 2.54$, $p = 0.019$) (see Figure 5).

The mean scores performed on untrained verbs at each of the four phases (baseline vs. post-POEM vs. FU2m vs. FU6m) were compared with a Friedman test analysis, revealing a significant difference ($\chi^2 = 10.8$, $p = 0.013$). Post-hoc analysis (Durbin-Conover test) revealed a significant difference between baseline and post-treatment ($\chi^2 = 3.59$, $p = 0.002$), between baseline and FU2m ($\chi^2 = 3.59$, $p = 0.002$), and between baseline and FU6m ($\chi^2 = 2.23$, $p = 0.037$).

No significant differences were found between post-POEM and FU2m ($\chi^2 = 0, p=1$), between post-POEM and FU6m ($\chi^2 = 1.36, p=0.188$) and between FU2m and FU6m ($\chi^2 = 1.36, p=0.188$) (see Figure 5).

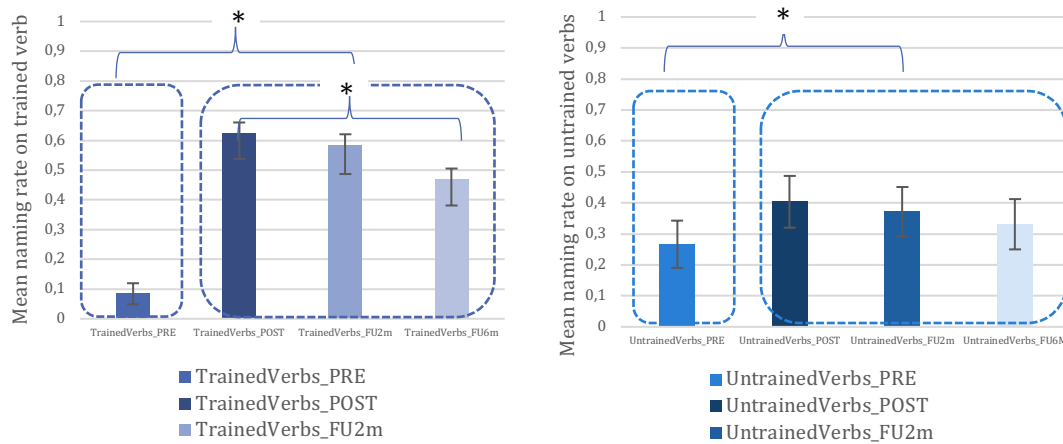


Figure 5 Mean verb naming performance on trained (left) and untrained (right) verbs at baseline time, post-treatment, and at the two- (FU2m) and six-month (FU6m) follow-ups

3.5. Summary of results

The results of the present study can be summarized as follows:

- Participants demonstrated significant improvement on the set of trained verbs following POEM, with a large effect size of 1.81. Moreover, the response time for trained verbs was significantly faster at the last session therapy compared to the first one.
- Participants significantly improved on the set of untrained verbs following POEM, with a medium effect size of 0.796.
- The improvements following POEM were maintained for at least 6 months post-treatment, with a significant difference between the baseline and the results on the set of trained and untrained verbs.

4. Discussion

The current study aimed to investigate the effects of POEM, an innovative theory-driven therapy aiming to improve verb retrieval for participants with aphasia with moderate to severe verb anomia. POEM is a therapy combining sensorimotor

strategies with action observation, gesture execution and mental imagery to retrieve action naming capacities, and respecting principles of experience-dependent neuroplasticity. Ten participants with chronic aphasia and moderate to severe anomia benefited from POEM. Their naming performance and response time were collected for trained and untrained verbs before and after POEM at the two- and six-months follow-ups.

All ten participants improved naming accuracy and response time for the trained verbs, with a large effect size at group level. Eight out of ten participants with aphasia improved on the untrained verbs following POEM, with a medium effect size at group level. Both improvements were maintained for at least six months post-treatment.

The results of this study is in line with other studies showing that verb retrieval therapies using semantic and/or phonological cues, and sensorimotor strategies is efficient on trained verbs for most participants with aphasia (Faroqi-Shah and Graham, 2011; Mauszycki, Wambaugh, & Cameron, 2006; Raymer, et al., 2007; Wambaugh, et al., 2004; Wambaugh, et al., 2002; Wambaugh and Ferguson, 2007; Wambaugh, et al., 2001). However, some studies also reported no improvement on trained verbs following verb naming therapy (Faroqi-Shah and Graham, 2011; Wambaugh, et al., 2004). The authors (Faroqi-Shah and Graham, 2011; Wambaugh et al., 2004) hypothesised that the inconclusive results on trained items were caused by the severity of the participants with aphasia's semantic impairment, which prevented them from acquiring the strategies used during therapy (Faroqi-Shah et al., 2011; Wambaugh et al., 2004). In our study, the preservation of action semantic knowledge was assessed before the therapy administration, namely with the Kissing and Dancing Test (Bak and Hodges, 2003) and the comprehension subtest in the MT-86 (Nespoulous, et al., 1986). The preserved semantic knowledge for the participants in our study may have led to a better acquisition of the sensorimotor strategies proposed with POEM.

Considering the large effect size of trained verbs improvement, the results of this study is in line with the studies of Rodriguez et al. (2006) who found an improvement on trained verbs with a large effect size for one participant following both the semantic-phonologic training and gesture and verbal training (Rodriguez, et al., 2006), and Raymer et al. (2008) who found an improvement on

trained verbs with a large effect size on five participants following gesture execution therapy (Raymer, et al., 2006). Similarly to the studies of Rodriguez et al. (2006) and Raymer et al. (2008), the inclusion of gesture execution within POEM may account for lexical verb retrieval, as gestures favour the activation of semantic features that trigger the activation of the lexical representation of the target word (Morsella and Krauss, 2004). This may also be related with the embodied cognition theory arguing the role of sensorimotor regions equally active in the motor execution of actions and the lexical action verb processing (Pulvermüller, 2011; Pulvermüller, 2018). Moreover, in our study, the response time was faster for the trained items following POEM. No other previous studies reported the response time of the participants following verb retrieval therapy using sensorimotor strategies, even if the delayed response time in anomia leads to communication difficulties for persons with aphasia. The reduced response time may facilitate the communication in daily life. Finally, for most of the previous verb retrieval therapy studies using sensorimotor strategies, the maintenance of the effects on trained verbs was measured until one month after treatment withdrawal (7/9 participants for Carragher et al., 2013; 1/2 participants for Boo et al., 2011; 4/5 participants for Raymer et al. 2006; 1/2 participants for Routhier et al. 2015). In our study, the improvement on trained verbs were maintained for at least 6 months post-treatment for all the ten participants of the study. A potential hypothesis to explain the lasting beneficial effect is the respect of experience-dependent neuroplasticity principles, namely the repetition and intensity of the therapy. The therapy dosage applied in the study of Carragher et al. (2013) consisted of one hour-session therapy per week for eight weeks for a total of eight therapy sessions (Carragher, et al., 2013). In our study, POEM was administered in three one-hour sessions per week for five weeks, for a total of fifteen therapy sessions. A possible hypothesis to explain the difference in the maintenance of trained verbs might be the higher intensity of POEM. Furthermore, each verb was trained following the treatment procedure from three to five times per session. Treatment intensity is a crucial issue for the application of speech therapy therapies, but this point is still under debate (Dignam, et al., 2016). This debate shows that the actual definition of the treatment intensity incorporates various parameters, including the number of therapies per week and the number of repetitions of treated items. For the moment, evidence supporting the benefits

of intensive aphasia therapy demonstrate that an intensity of more than two hours per week (Beeson and Robey, 2006; Bhogal, Teasell, & Speechley, 2003; Brady, Kelly, Godwin, & Enderby, 2012) and a large number of repetitions of treated items result in an improvement in treated words (Laganaro, Di Pietro, & Schnider, 2006). The maintained effects of POEM on the treated verbs could be related to the therapy dosage adopted in our study, with three hours per week for five weeks and a minimum of three to five repetitions for each verb per session.

de Aguiar et al. (2016) found that a generalisation effect on untrained verbs is not common with only 14,5% out of a total of 30 studies included in their metanalysis. A key finding of our study is then the generalisation on untrained verbs that occurred for eight out of ten participants. To our knowledge, this is the first study to report a generalisation on eight participants with aphasia, following a verb retrieval therapy using sensorimotor strategies representing the largest group of participants with aphasia showing generalisation on untreated verbs. This result is in line with previously reported findings from Carragher et al. (2013). The authors (Carragher et al., 2013) found a generalisation on untrained verbs for five participants out of the nine participants in their study, following a therapy combining gesture production and semantic and phonological cues (Carragher, et al., 2013). This is important because the generalisation effect on untrained items is the reflect of the learning of strategies. Nickels (2002) in a literature review on anomia treatment reported that following a therapy targeting the learning of strategies, the generalisation on untrained verbs was found in 60% of the participants with aphasia (Nickels, 2002). Considering the results of Carragher et al. (2013) and our results, it seems that the combination of sensorimotor strategies, namely gesture execution, can improve semantic processing and boost the lexical retrieval not only for trained verbs, but for untrained verbs too. The role of gesture execution seems to play a key role. However, except from the study of Carragher et al. (2013), the studies using gesture execution for verb naming retrieval did not found consistently an improvement on untrained verbs (Boo and Rose, 2010; Raymer, et al., 2006; Rodriguez, et al., 2006; Rose and Susmilch, 2008). Moreover, even if the results of AOT from the study of Marangolo et al. (2010) was interesting, no effect on untrained verbs were observed in recent studies using AOT with two participants with chronic aphasia who suffered from

moderate to severe verb anomia (Routhier, et al., 2015). To resume, the sensorimotor strategies applied by Carragher et al. (2013), Marangolo et al. (2010) et Routhier et al. (2015) used only one type of sensorimotor cue – gesture or observation in association with verb naming – did not lead to the improvement on untreated verbs, while an improvement on untreated verbs is found following the administration of an original combination of sensorimotor cues – observation of the action, gesture and mental imagery – integrated in POEM. The combination of sensorimotor cues may have facilitated word retrieval. According to cognitive models of word naming, this combination of semantic inputs could increase activation at the semantic level and facilitate the flow to the lexical and articulation levels and verb naming (Goldrick and Rapp, 2002; Levelt, 2001). Moreover, in line with embodied theory, the various sensorimotor cues in POEM therapy tap into the specific encoding semantic features of verbs (Bedny, et al., 2012; Corballis, 2010; Jirak, et al., 2010; Pulvermüller, 2011; Tremblay and Small, 2011). This specificity of POEM can be related to the principle of specificity of the experience-dependent neuroplasticity (Kiran and Thompson, 2019; Kleim and Jones, 2008), because POEM exploits the knowledge of the neurofunctional substrates of action semantic knowledge to facilitate verb naming processing. Moreover, in a previous study from our team (Durand, Berroir, & Ansaldo, 2018), the effects of POEM were investigated with two participants with verb anomia in a pre-/post-therapy fMRI study. A similar neurofunctional activation pattern was found for the naming of trained and untrained items following POEM (Durand, et al., 2018). This similarity in the neurofunctional recruitment for trained and untrained items following POEM gives another evidence suggesting that the same kind of processing is used to name the verbs following POEM and that the strategies learned with POEM is applied on untrained verbs (Durand, et al., 2018).

Two participants did not improve on untrained verbs. According to the metanalysis from de Aguiar et al. (2016), greater chances of improvements on untrained verbs are observed in patients with grammatical impairments and with poor noun comprehension. However, these both participants did not present any grammatical impairment, and have a good noun comprehension. Moreover, their language and cognitive capacities did not differ from the other participants of our

study, who did improve on untrained verbs. Further analysis of the predictors of improvement on untrained verbs could give us new insight on this point.

5. Conclusion

The results of our study show promising results in the effects of a verb naming therapy for post-stroke verb anomia. Our results are especially significant considering the scarcity of studies in this area. Given that verbs deficits are more common than noun deficits for participants with aphasia (Mätzig, et al., 2009) and that verb retrieval difficulties are pervasive and can negatively affect daily communication (Rofes, et al., 2015), there is an urgent need for therapies that promote generalisation effects. The results of our study clearly demonstrate the effects of POEM, an innovative therapy that results in improvement in verb retrieval, generalisation and maintenance of therapy effects in time. Given the pervasiveness of word retrieval difficulties in aphasia, evidence of generalisation following POEM has important implications for clinical practice. All data collected in this study indicate that POEM could be a useful rehabilitation therapy for improving performance in action naming and promoting a long-lasting recovery in verb production in participants with aphasia, even in chronic cases.

Acknowledgements

The authors would like to thank the participants who took part in this study.

Conflicts of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Funding statement

This work was supported by the Fonds de Recherche en Santé du Québec grant to Edith Durand and a Heart and Stroke Foundation Research Project Grant to Ana Inés Ansaldo.

References

- Aravena, P., Delevoeye-Turrell, Y., Deprez, V., Cheylus, A., Paulignan, Y., Frak, V., & Nazir, T. (2012). Grip force reveals the context sensitivity of language-induced motor activity during "action words" processing: Evidence from sentential negation. *PLoS One*, 7(12), e50287. doi: 10.1371/journal.pone.0050287
- Aziz-Zadeh, L., Wilson, S. M., Rizzolatti, G., & Iacoboni, M. (2006). Congruent embodied representations for visually presented actions and linguistic phrases describing actions. *Current Biology*, 16(18), 1818-1823. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2006.07.060>
- Bak, T. H., & Hodges, J. R. (2003). Kissing and dancing test Sydney (Australia) Neuroscience Research Australia.
- Ballard, K. J., Wambaugh, J. L., Duffy, J. R., Layfield, C., Maas, E., Mauszycki, S., & McNeil, M. R. (2015). Treatment for acquired apraxia of speech: A systematic review of intervention research between 2004 and 2012. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 24(2), 316-337. doi: 10.1044/2015_AJSLP-14-0118
- Bastiaanse, R., Edwards, S., Mass, E., & Rispens, J. (2003). Assessing comprehension and production of verbs and sentences: The verb and sentence test (vast). *Aphasiology*, 17(1), 49-73. doi: 10.1080/729254890
- Bastiaanse, R., & Jonkers, R. (1998). Verb retrieval in action naming and spontaneous speech in agrammatic and anomic aphasia. *Aphasiology*, 12(11), 951-969. doi: 10.1080/02687039808249463
- Bedny, M., Caramazza, A., Pascual-Leone, A., & Saxe, R. (2012). Typical neural representations of action verbs develop without vision. *Cerebral Cortex*, 22(2), 286-293. doi: 10.1093/cercor/bhr081
- Beeson, P. M., & Robey, R. R. (2006). Evaluating single-subject treatment research: Lessons learned from the aphasia literature. *Neuropsychology Review*, 16(4), 161-169.
- Bhagal, S. K., Teasell, R., & Speechley, M. (2003). Intensity of aphasia therapy, impact on recovery. *Stroke*, 01.STR.0000062343.0000064383.D0000062340. doi: 10.1161/01.str.0000062343.64383.d0
- Binder, J. R., & Desai, R. H. (2011). The neurobiology of semantic memory. *Trends in cognitive sciences*, 15(11), 527-536.
- Binder, J. R., Desai, R. H., Graves, W. W., & Conant, L. L. (2009). Where is the semantic system? A critical review and meta-analysis of 120 functional neuroimaging studies. *Cerebral Cortex*, 19(12), 2767-2796. doi: 10.1093/cercor/bhp055
- Bonifazi, S., Tomaiuolo, F., Altoè, G., Ceravolo, M., Provinciali, L., & Marangolo, P. (2013). Action observation as a useful approach for enhancing recovery of verb production: New evidence from aphasia. *European journal of physical and rehabilitation medicine*.
- Boo, M., & Rose, M. L. (2010). The efficacy of repetition, semantic, and gesture treatments for verb retrieval and use in broca's aphasia. *Aphasiology*, 25(2), 154-175. doi: 10.1080/02687031003743789
- Boulenger, V., Hauk, O., & Pulvermüller, F. (2009). Grasping ideas with the motor system: Semantic somatotopy in idiom comprehension. *Cerebral Cortex*, 19(8), 1905-1914. doi: 10.1093/cercor/bhn217

- Brady, M. C., Kelly, H., Godwin, J., & Enderby, P. (2012). Speech and language therapy for aphasia following stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (5). <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD000425.pub3/abstract> doi:10.1002/14651858.CD000425.pub3
- Buccino, G., Lui, F., Canessa, N., Patteri, I., Lagravinese, G., Benuzzi, F., . . . Rizzolatti, G. (2004). Neural circuits involved in the recognition of actions performed by nonconspecifics: An fmri study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(1), 114-126. doi: 10.1162/089892904322755601
- Cahana-Amitay, D., & Albert, M. (2014). *Redefining recovery from aphasia*: Oxford University Press.
- Carragher, M., Sage, K., & Conroy, P. (2013). The effects of verb retrieval therapy for people with non-fluent aphasia: Evidence from assessment tasks and conversation. *Neuropsychological Rehabilitation*, 23(6), 846-887. doi: 10.1080/09602011.2013.832335
- Caspers, S., Zilles, K., Laird, A. R., & Eickhoff, S. B. (2010). A meta-analysis of action observation and imitation in the human brain. *Neuroimage*, 50(3), 1148.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis*.
- Conroy, P., Sage, K., & Lambon Ralph, M. A. (2006). Towards theory-driven therapies for aphasic verb impairments: A review of current theory and practice. *Aphasiology*, 20(12), 1159-1185. doi: 10.1080/02687030600792009
- Corballis, M. C. (2010). Mirror neurons and the evolution of language. *Brain and Language*, 112(1), 25-35. doi: 10.1016/j.bandl.2009.02.002
- Dabul, B. L. (2000). *Apraxia battery for adults - second edition*: Pro-ed.
- Dash, T., & Kar, B. R. (2014). Bilingual language control and general purpose cognitive control among individuals with bilingual aphasia: Evidence based on negative priming and flanker tasks. *Behavioural neurology*, 2014.
- de Aguiar, V., Bastiaanse, R., & Miceli, G. (2016). Improving production of treated and untreated verbs in aphasia: A meta-analysis. *Front Hum Neurosci*, 10, 468. doi: 10.3389/fnhum.2016.00468
- Dignam, J. K., Rodriguez, A. D., & Copland, D. A. (2016). Evidence for intensive aphasia therapy: Consideration of theories from neuroscience and cognitive psychology. *PM&R*, 8(3), 254-267. doi: 10.1016/j.pmrj.2015.06.010
- Durand, E., Berroir, P., & Ansaldo, A. I. (2018). The neural and behavioral correlates of anomia recovery following personalized observation, execution, and mental imagery therapy: A proof of concept. *Neural Plasticity*, 2018.
- Ertelt, D., & Binkofski, F. (2012). Action observation as a tool for neurorehabilitation to moderate motor deficits and aphasia following stroke. *中国神经再生研究 (英文版)*, 7(26), 2063-2074.
- Falleti, M. G., Maruff, P., Collie, A., & Darby, D. G. (2006). Practice effects associated with the repeated assessment of cognitive function using the cogstate battery at 10-minute, one week and one month test-retest intervals. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 28(7), 1095-1112. doi: 10.1080/13803390500205718

- Faroqi-Shah, Y., & Graham, L. E. (2011). Treatment of semantic verb classes in aphasia: Acquisition and generalization effects. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 25(5), 399-418. doi: doi:10.3109/02699206.2010.545964
- Fernandino, L., Conant, L. L., Binder, J. R., Blindauer, K., Hiner, B., Spangler, K., & Desai, R. H. (2013). Parkinson's disease disrupts both automatic and controlled processing of action verbs. *Brain and Language*, 127(1), 65-74. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bandl.2012.07.008>
- Flowers, H. L., Silver, F. L., Fang, J., Rochon, E., & Martino, R. (2013). The incidence, co-occurrence, and predictors of dysphagia, dysarthria, and aphasia after first-ever acute ischemic stroke. *Journal of Communication Disorders*, 46(3), 238-248. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2013.04.001>
- Franceschini, M., Agosti, M., Cantagallo, A., Sale, P., Mancuso, M., & Buccino, G. (2010). Mirror neurons: Action observation treatment as a tool in stroke rehabilitation. *Eur J Phys Rehabil Med*, 46(4), 517-523.
- Franceschini, M., Ceravolo, M. G., Agosti, M., Cavallini, P., Bonassi, S., Dall'Armi, V., . . . Sale, P. (2012). Clinical relevance of action observation in upper-limb stroke rehabilitation: A possible role in recovery of functional dexterity. A randomized clinical trial. *Neurorehabilitation and neural repair*, 26(5), 456-462.
- García, C. D., & Aboitiz, C. J. (2016). Effectiveness of motor imagery or mental practice in functional recovery after stroke: A systematic review. *Neurología (English Edition)*, 31(1), 43-52. doi: 10.1016/j.nrleng.2013.02.008
- Gierut, J. A., Morrisette, M. L., & Dickinson, S. L. (2015). Effect size for single-subject design in phonological treatment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 58(5), 1464-1481.
- Gleichgerrcht, E., Fridriksson, J., Rorden, C., Nesland, T., Desai, R., & Bonilha, L. (2016). Separate neural systems support representations for actions and objects during narrative speech in post-stroke aphasia. *NeuroImage: Clinical*, 10(Supplement C), 140-145. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2015.11.013>
- Goldrick, M., & Rapp, B. (2002). A restricted interaction account (ria) of spoken word production: The best of both worlds. *Aphasiology*, 16(1-2), 20-55. doi: 10.1080/02687040143000203
- González, J., Barros-Loscertales, A., Pulvermüller, F., Meseguer, V., Sanjuán, A., Belloch, V., & Ávila, C. (2006). Reading cinnamon activates olfactory brain regions. *Neuroimage*, 32(2), 906-912.
- Goodglass, H., & Kaplan, E. (1983). *Boston diagnostic aphasia examination lea & febiger*. Distributed by Psychological Assessment Resources, Odessa, FL, Philadelphia, PA.
- Hammelrath, C. (1999). *Dvl 38: Test de dénomination des verbes lexicaux en images: Ortho éd.*
- Hauk, O., Johnsrude, I., & Pulvermüller, F. (2004). Somatotopic representation of action words in human motor and premotor cortex. *Neuron*, 41(2), 301-307. doi: 10.1016/s0896-6273(03)00838-9
- Jirak, D., Menz, M. M., Buccino, G., Borghi, A. M., & Binkofski, F. (2010). Grasping language – a short story on embodiment. *Consciousness and Cognition*, 19(3), 711-720. doi: 10.1016/j.concog.2010.06.020
- Johnson, J. P., Ross, K., & Kiran, S. (2019). Multi-step treatment for acquired alexia and agraphia (part i): Efficacy, generalisation, and identification of

- beneficial treatment steps. *Neuropsychological rehabilitation*, 29(4), 534-564.
- Kiefer, M., Sim, E.-J., Herrnberger, B., Grothe, J., & Hoenig, K. (2008). The sound of concepts: Four markers for a link between auditory and conceptual brain systems. *Journal of Neuroscience*, 28(47), 12224-12230.
- Kiran, S., & Thompson, C. K. (2019). Neuroplasticity of language networks in aphasia: Advances, updates and future challenges. *Frontiers in neurology*, 10, 295. doi: 10.3389/fneur.2019.00295
- Kleim, J. A., & Jones, T. (2008). Principles of experience-dependent neuroplasticity. *Journal of Speech and Hearing Research*.
- Laganaro, M., Di Pietro, M., & Schnider, A. (2006). Computerised treatment of anomia in acute aphasia: Treatment intensity and training size. *Neuropsychological Rehabilitation*, 16(6), 630-640.
- Leonard, C., Rochon, E., & Laird, L. (2008). Treating naming impairments in aphasia: Findings from a phonological components analysis treatment. *Aphasiology*, 22(9), 923-947.
- Levelt, W. J. M. (2001). Spoken word production: A theory of lexical access. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(23), 13464-13471. doi: 10.1073/pnas.231459498
- Lobo, M. A., Moeyaert, M., Cunha, A. B., & Babik, I. (2017). Single-case design, analysis, and quality assessment for intervention research. *Journal of neurologic physical therapy: JNPT*, 41(3), 187.
- Love, J., Dropman, D., & Selker, R. (2018). Jamovi project (2018) (Version version 0.9) [computer software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>
- Macoir, J., Beaudoin, C., Bluteau, J., Potvin, O., & Wilson, M. A. (2017). Tdq-60—a color picture-naming test for adults and elderly people: Validation and normalization data. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 1-14.
- Malouin, F., Richards, C. L., Jackson, P. L., Lafleur, M. F., Durand, A., & Doyon, J. (2007). The kinesthetic and visual imagery questionnaire (kviq) for assessing motor imagery in persons with physical disabilities: A reliability and construct validity study. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 31(1), 20-29.
- Marangolo, P., Bonifazi, S., Tomaiuolo, F., Craighero, L., Coccia, M., Altoè, G., . . . Cantagallo, A. (2010). Improving language without words: First evidence from aphasia. *Neuropsychologia*, 48(13), 3824-3833. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.025
- Marangolo, P., Cipollari, S., Fiori, V., Razzano, C., & Caltagirone, C. (2012). Walking but not barking improves verb recovery: Implications for action observation treatment in aphasia rehabilitation. *PloS one*, 7(6), e38610.
- Marcotte, K., & Ansaldo, A. I. (2010). The neural correlates of semantic feature analysis in chronic aphasia: Discordant patterns according to the etiology. *Seminars in Speech and Language*, 31(01), 052-063. doi: 10.1055/s-0029-1244953
- Maruff, P., Collie, A., Thomas, E., Cysique, L., Brew, B., Snyder, P., & Pietrzak, R. H. (2009). Validity of the cogstate brief battery: Relationship to standardized tests and sensitivity to cognitive impairment in mild traumatic brain injury, schizophrenia, and aids dementia complex. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 24(2), 165-178. doi: 10.1093/arclin/acp010

- Mätzig, S., Druks, J., Masterson, J., & Vigliocco, G. (2009). Noun and verb differences in picture naming: Past studies and new evidence. *Cortex*, 45(6), 738-758. doi: 10.1016/j.cortex.2008.10.003
- Mauszycki, S., Wambaugh, J., & Cameron, R. (2006). Effects of semantic feature analysis on verb production in aphasia. Paper presented at the Clinical Aphasiology Conference: Clinical Aphasiology Conference 36th, Ghent, Belgium.
- Middleton, E. L., Schwartz, M. F., Rawson, K. A., Traut, H., & Verkuilen, J. (2016). Towards a theory of learning for naming rehabilitation: Retrieval practice and spacing effects. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 59(5), 1111-1122.
- Morsella, E., & Krauss, R. M. (2004). The role of gestures in spatial working memory and speech. *American Journal of Psychology*, 117(3), 411-424.
- Nespoulous, J., Lecours, A., Lafond, D., Lemay, A., Puel, M., Joannette, Y., . . . Rascol, A. (1986). Protocole montréal-toulouse d'examen de l'aphasie. Module standard M, 1.
- New, B. (2006). Lexique 3 : Une nouvelle base de données lexicales. . Actes de la Conférence Traitement Automatique des Langues Naturelles (TALN 2006).
- Nickels, L. (2002). Therapy for naming disorders: Revisiting, revising, and reviewing. *Aphasiology*, 16(10-11), 935-979.
- Pearson, J., Naselaris, T., Holmes, E. A., & Kosslyn, S. M. (2015). Mental imagery: Functional mechanisms and clinical applications. *Trends in Cognitive Sciences*, 19(10), 590-602. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.08.003>
- Potagas, C., Kasselimis, D. S., & Evdokimidis, I. (2017). Elements of neurology essential for understanding the aphasias. In Papathanasiou, I. & P. Coppens (Eds.), *Aphasia and related neurogenic communication disorders: Jones & Bartlett learning*.
- Pulvermüller, F. (2005). Brain mechanisms linking language and action. *Nat Rev Neurosci*, 6(7), 576-582. doi: 10.1038/nrn1706
- Pulvermüller, F. (2011). Meaning and the brain: The neurosemantics of referential, interactive, and combinatorial knowledge. *Journal of Neurolinguistics*, 25(0), 423-459. doi: 10.1016/j.jneuroling.2011.03.004
- Pulvermüller, F. (2018). Neural reuse of action perception circuits for language, concepts and communication. *Progress in Neurobiology*, 160, 1-44.
- Pulvermüller, F., & Berthier, M. L. (2008). Aphasia therapy on a neuroscience basis. *Aphasiology*, 22(6), 563-599.
- Pulvermüller, F., & Fadiga, L. (2016). Brain language mechanisms built on action and perception *Neurobiology of language* (pp. 311-324): Elsevier.
- Raymer, A. M., Ciampitti, M., Holliway, B., Singletary, F., Blonder, L. X., Ketterson, T., . . . Gonzalez Rothi, L. J. (2007). Semantic-phonologic treatment for noun and verb retrieval impairments in aphasia. *Neuropsychological Rehabilitation*, 17(2), 244-270. doi: 10.1080/09602010600814661
- Raymer, A. M., Singletary, F., Rodriguez, A., Ciampitti, M., Heilman, K. M., & Rothi, L. J. G. (2006). Effects of gesture+ verbal treatment for noun and verb retrieval in aphasia. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 12(6), 867-882.
- Rodriguez, A. D., Raymer, A. M., & Gonzalez Rothi, L. J. (2006). Effects of gesture+verbal and semantic-phonologic treatments for verb retrieval in

- aphasia. *Aphasiology*, 20(2-4), 286-297. doi: 10.1080/02687030500474898
- Rofes, A., Capasso, R., & Miceli, G. (2015). Verb production tasks in the measurement of communicative abilities in aphasia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 37(5), 483-502. doi: 10.1080/13803395.2015.1025709
- Rose, M., & Sussmilch, G. (2008). The effects of semantic and gesture treatments on verb retrieval and verb use in aphasia. *Aphasiology*, 22(7-8), 691-706. doi: 10.1080/02687030701800800
- Routhier, S., Bier, N., & Macoir, J. (2015). The contrast between cueing and/or observation in therapy for verb retrieval in post-stroke aphasia. *Journal of Communication Disorders*, 54, 43-55.
- Schwitler, V., Boyer, B., Méot, A., Bonin, P., & Laganaro, M. (2004). French normative data and naming times for action pictures. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(3), 564-576.
- Sloan Berndt, R., Mitchum, C. C., Haendiges, A. N., & Sandson, J. (1997). Verb retrieval in aphasia. 1. Characterizing single word impairments. *Brain and Language*, 56(1), 68-106. doi: <https://doi.org/10.1006/brln.1997.1727>
- Tettamanti, M., Buccino, G., Saccuman, M. C., Gallese, V., Danna, M., Scifo, P., . . . Perani, D. (2005). Listening to action-related sentences activates fronto-parietal motor circuits. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(2), 273-281. doi: 10.1162/0898929053124965
- Thompson, C. K. (2006). Single subject controlled experiments in aphasia: The science and the state of the science. *Journal of Communication Disorders*, 39(4), 266-291. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2006.02.003>
- Tombaugh, T. N. (2004). Trail making test a and b: Normative data stratified by age and education. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 19(2), 203-214. doi: [https://doi.org/10.1016/S0887-6177\(03\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0887-6177(03)00039-8)
- Tremblay, P., & Small, S. L. (2011). From language comprehension to action understanding and back again. *Cerebral Cortex*, 21(5), 1166-1177. doi: 10.1093/cercor/bhq189
- Vallila-Rohter, S., & Kiran, S. (2013). Non-linguistic learning and aphasia: Evidence from a paired associate and feedback-based task. *Neuropsychologia*, 51(1), 79-90. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.10.024>
- Vigliocco, G., Vinson, D. P., Druks, J., Barber, H., & Cappa, S. F. (2011). Nouns and verbs in the brain: A review of behavioural, electrophysiological, neuropsychological and imaging studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 35(3), 407-426. doi: 10.1016/j.neubiorev.2010.04.007
- Wambaugh, J. L., Cameron, R., Kalinyak-Fliszar, M., Nessler, C., & Wright, S. (2004). Retrieval of action names in aphasia: Effects of two cueing treatments. *Aphasiology*, 18(11), 979-1004.
- Wambaugh, J. L., Doyle, P. J., Martinez, A. L., & Kalinyak-Fliszar, M. (2002). Effects of two lexical retrieval cueing treatments on action naming in aphasia. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 39(4), 455-466.
- Wambaugh, J. L., & Ferguson, M. (2007). Application of semantic feature analysis to retrieval of action names in aphasia. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 44(3), 381.
- Wambaugh, J. L., Linebaugh, C. W., Doyle, P. J., Martinez, A. L., Kalinyak-Fliszar, M., & Spencer, K. A. (2001). Effects of two cueing treatments on lexical retrieval

in aphasic speakers with different levels of deficit. *Aphasiology*, 15(10-11), 933-950.

Watila, M., & Balarabe, S. J. J. o. t. n. s. (2015). Factors predicting post-stroke aphasia recovery. 352(1-2), 12-18.

Webster, J., & Whitworth, A. (2012). Treating verbs in aphasia: Exploring the impact of therapy at the single word and sentence levels. *International Journal of Language and Communication Disorders*, 47(6), no-no. doi: 10.1111/j.1460-6984.2012.00174.x

Annex 1: Example of a set of stimuli for Participant 5

Type of verbs		Verb	Phonological transcription	Frequence	Number of phonemes	Number of syllables	Transitivity	Imageability
Correct	1	bailler	baje	0,21	4	2	1	3,16
	2	colorier	koloRje	0,25	7	3	2	4,71
	3	peler	p ^o le	0,44	4	2	2	4,91
	4	poster	pOste	2,51	5	2	2	5,24
	5	coiffer	kwafe	2,67	5	2	2	3,42
	6	balayer	baleje	3,4	6	3	2	4,04
	7	pincer	p5se	4,06	4	2	2	3,52
	8	brancher	bR@Se	4,4	5	2	2	5,03
	9	saluer	sal8e	11,85	5	2	2	5,14
	10	peindre	p5dR	12,75	4	1	2	5,00
	11	nager	naZe	18,71	4	2	1	4,93
	12	signer	siNe	29,25	4	2	2	5,41
	13	frapper	fRape	37,08	5	2	1	5,05
	14	courir	kuRiR	47,19	5	2	1	3,10
	15	pleurer	pl2Re	61,6	5	2	1	5,15
	16	ecrire	ekRiR	84,14	5	2	2	4,25
	17	lire	liR	89,58	3	1	2	4,33
	18	boire	bwaR	142,15	4	1	2	4,48

	19	dormir	dORmiR	160,77	6	2	1	4,47
	20	manger	m@Ze	207,63	4	2	2	5,32
Trained	1	ficeler	fis°le	0,17	6	3	2	4,59
	2	bêcher	beSe	0,36	4	2	2	3,72
	3	lacer	lase	0,56	4	2	2	5,06
	4	fouetter	fwete	2,27	5	2	2	5,28
	5	tailler	taje	2,93	4	2	2	5,34
	6	essuyer	es8ije	3,39	6	3	2	3,79
	7	peser	p2ze	3,92	4	2	2	2,76
	8	verser	vERse	4,62	5	2	2	3,95
	9	allumer	alyme	11,98	5	3	2	4,90
	10	filmer	filme	12,89	5	2	2	4,36
	11	ranger	R@Ze	14,95	4	2	2	4,69
	12	pousser	puse	27,51	4	2	2	4,20
	13	couper	kupe	41,45	4	2	2	4,97
	14	fermer	fERme	48,85	5	2	2	4,55
	15	rire	RiR	63,29	3	1	1	4,91
	16	ouvrir	uvRiR	79,61	5	2	2	4,29
	17	payer	peje	149,1	4	2	3	3,78
	18	entrer	@tRe	160,13	4	2	1	4,80
	19	donner	done	233,3	4	2	3	4,06
	20	monter	m\$te	85,7	4	2	1	5,06
Untrained	1	dribbler	dRible	0,2	6	2	1	na
	2	pédaler	pedale	0,37	6	3	1	5,84
	3	ausculter	oskylte	0,57	7	3	2	4,01

	4	jongler	Z§gle	0,83	5	2	1	3,72
	5	peigner	peNe	0,85	4	2	2	5,52
	6	scier	sje	1,12	3	1	2	4,14
	7	classer/ser rer	klase	2,02	4	2	2	3,89
	8	tordre	tORdR	2,77	5	1	2	5,25
	9	siffler	sifle	3,02	5	2	1	2,32
	10	applaudir	aplodiR	3,16	7	3	1	2,80
	11	gonfler	g§fle	3,17	5	2	2	3,95
	12	frotter	fRote	4,01	5	2	2	5,14
	13	déchirer	deSiRe	4,27	6	3	2	5,36
	14	secouer	s°kwe	4,5	5	2	2	4,95
	15	coudre	kudR	4,83	4	1	2	3,93
	16	coller	kole	10,33	4	2	2	5,22
	17	sonner	sone	11,77	4	2	1	3,59
	18	cuisiner	k8izine	11,99	7	3	2	4,89
	19	sourire	suRiR	12,31	5	2	1	5,15
	20	écraser	ekRaze	16,75	6	3	2	4,99
	1	soigner	swaNe	22,82	5	2	2	5,70
	2	prier	pRije	25,46	5	2	1	4,01
	3	crier/choquer	kRije	31,49	4	2	1	3,88
	4	casser	kase	36,24	4	2	2	4,84
	5	compter	k§te	45,05	4	2	2	3,92
	6	chanter	S@te	48,12	4	2	1	4,54
	7	offrir/donner	ofRiR	52,06	4	2	3	4,09
	8	jeter	Z°te	59,28	4	2	2	4,17

	9	conduire	kşd8iR	60,56	6	2	2	3,40
	10	danser	d@se	70,06	4	2	1	5,17
	11	porter	poRte	79,04	5	2	2	4,62
	12	marcher	maRSe	85,34	5	2	1	4,25
	13	tirer	tiRe	113,71	4	2	1	4,30
	14	acheter	aS°te	115,27	5	3	3	3,97
	15	montrer	mşStRe	136,2	5	2	3	4,01
	16	regarder	R°gaRde	138,3	7	3	2	4,35
	17	demander	d°m@de	188,86	6	3	3	4,45
	18	jouer	Zwe	225,84	3	1	2	5,15
	20	bronzer	bRşze	1,88	5	2	1	4,40
	19	sortir	sORtiR	285,45	6	2	1	na

Annex 2: Mean of psycholinguistic variables of the set of trained verbs (TI) and untrained verbs (UTI) for each participant and results from independent t-test to examine the differences between the lists

Participant ID	Psycholinguistic variables														
	Log_Frequency			Number of phonemes			Number of syllables			Transitivity			Imageability		
	Mean Log Frequency TI	Mean Log Frequency UTI	p-value of t-test log frequency TI/UTI	Mean Number of phonemes TI	Mean Number of phonemes UTI	p-value of t-test Number of phonemes TI/UTI	Mean Number of syllables TI	Mean Number of syllables UTI	p-value of t-test Number of syllables TI/UTI	Mean Transitivity TI	Mean Transitivity UTI	p-value of t-test Transitivity TI/UTI	Mean Imageability TI	Mean Imageability UTI	p-value of t-test Imageability TI/UTI
1	0,98	0,98	1,00	4,85	4,90	0,85	2,25	2,23	0,87	1,85	1,83	0,84	4,70	4,52	0,32
2	1,28	1,33	0,80	4,75	4,85	0,72	2,05	2,10	0,67	1,85	1,75	0,54	4,62	4,47	0,39
3	0,61	0,74	0,59	5,45	5,05	0,19	2,45	2,25	0,08	1,80	1,80	1,00	4,40	4,33	0,83
4	0,81	0,83	0,88	5,00	5,05	0,84	2,30	2,20	0,52	1,85	1,78	0,60	4,53	4,33	0,29
5	1,08	1,12	0,89	4,45	4,95	0,08	2,10	2,13	0,85	1,95	1,73	0,21	4,45	4,42	0,86
6	1,13	1,10	0,91	4,75	4,88	0,63	2,15	2,25	0,46	1,90	1,78	0,43	4,52	4,42	0,60
7	1,04	1,01	0,91	5,00	4,95	0,86	2,35	2,18	0,23	1,90	1,83	0,60	4,57	4,41	0,44
8	0,56	0,61	0,77	5,25	5,10	0,58	2,35	2,30	0,74	1,90	1,73	0,16	4,26	4,28	0,96
9	1,14	1,14	0,98	4,60	4,88	0,26	2,05	2,15	0,49	1,75	1,80	0,76	4,51	4,61	0,52
10	0,75	0,78	0,88	5,10	5,20	0,73	2,40	2,35	0,74	1,90	1,75	0,29	4,56	4,32	0,27
Mean	0,94	0,97		4,92	4,98		2,25	2,21		1,87	1,78		4,51	4,41	
SD	0,24	0,22		0,30	0,12		0,15	0,08		0,06	0,04		0,12	0,10	

**ACCORD DES COAUTEURS D'UN ARTICLE
 INCLUS DANS UN MÉMOIRE DE MAÎTRISE OU UNE THÈSE DE DOCTORAT**

Lorsqu'un étudiant n'est pas le seul auteur d'un article qu'il veut inclure dans son mémoire ou dans sa thèse, il doit obtenir l'accord de tous les coauteurs. De plus, le nom de tous les coauteurs doit apparaître dans le manuscrit pour chacun des articles. L'étudiant doit s'assurer qu'il détient les autorisations requises.

Pour toute information complémentaire, consultez le Guide de présentation et d'évaluation des mémoires et des thèses disponible sous l'option **Publications** de la section **Cheminement et encadrement** du site www.fesp.umontreal.ca.

1. Identification

Nom DURAND	Prénom EDITH	Matricule p 0 9 4 6 7 1 6
Grade Philosophiae Doctor, Ph.	Programme 3-484-1-0	

2. Description de l'article

Auteurs
Edith DURAND et Ana Inés ANSALDO

Titre Personalised Observation, Execution and Mental Imagery Therapy (POEM) to improve verb retrieval in post-stroke chronic aphasia: Generalisation and maintenance effects

État actuel de l'article publié soumis pour publication en préparation

Revue / journal *
Aphasiology


** Si l'article est en phase finale de préparation ou a été soumis pour publication, veuillez fournir tous les détails disponibles.*

3. Déclaration de tous les coauteurs autres que l'étudiant

À titre de coauteur de l'article identifié ci-dessus, j'autorise : Edith Durand

à inclure cet article dans son mémoire de maîtrise sa thèse de doctorat

qui a pour titre Développement d'une nouvelle thérapie ciblant l'anomie des verbes d'action

ANA INES ANSALDO		2019-09-09
Coauteur		Date
Coauteur	Signature	Date
Coauteur	Signature	Date
Coauteur	Signature	Date

Imprimer

Effacer tout

B. Deuxième article : The Neural and Behavioral Correlates of Anomia Recovery following Personalized Observation, Execution, and Mental Imagery Therapy: A Proof of Concept. *Neural Plasticity, 2018*

Edith Durand, Pierre Berroir, and Ana Inés Ansaldo

Centre de Recherche de l'Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal (CRIUGM),

École d'Orthophonie, Faculté de Médecine, Université de Montréal, Montreal, QC, Canada

Correspondence should be addressed to Edith Durand; edith.durand@umontreal.ca

The impact of sensorimotor strategies on aphasia recovery has rarely been explored. This paper reports on the efficacy of personalized observation, execution, and mental imagery (POEM) therapy, a new approach designed to integrate sensorimotor and language-based strategies to treat verb anomia, a frequent aphasia sign. Two participants with verb anomia were followed up in a pre-/posttherapy fMRI study. POEM was administered in a massed stimulation schedule, with personalized stimuli, resulting in significant improvement in both participants, with both trained and untrained items. Given that the latter finding is rarely reported in the literature, the evidence suggests that POEM favors the implementation of a word retrieval strategy that can be integrated and generalized. Changes in fMRI patterns following POEM reflect a reduction in the number of recruited areas supporting naming and the recruitment of brain areas that belong to the language and mirror neuron systems. The data provide evidence on the efficacy of POEM for verb anomia, while pointing to the added value of combined language and sensorimotor strategies for recovery from verb anomia, contributing to the consolidation of a word retrieval strategy that can be better generalized to untrained words. Future studies with a larger sample of participants are required to further explore this avenue.

1. Introduction

Aphasia is an acquired language impairment following brain damage, such as stroke, whose consequences can be devastating [1]. Anomia is the most frequent and pervasive symptom for people with aphasia, regardless of the aphasia type. Anomia is described as difficulty in retrieving words in structured tasks, such as picture naming, sentence completion, or spontaneous speech. Anomia can affect different types of words, including nouns and verbs. Research has long focused on noun retrieval, while therapies targeting verb anomia remain rare [2]. This is somewhat surprising, considering the central role of verbs in sentence and speech production [3].

In recovery from aphasia, the attempt to compensate for anomia may be related to the concept of neuroplasticity. Neuroplasticity refers to a number of brain mechanisms involved in learning and relearning and is reflected in changes in brain activation patterns highlighted by functional magnetic resonance imaging (fMRI). Two main forms of neuroplasticity have been studied in the context of aphasia recovery: functional reactivation, which occurs when previously damaged and inactive areas recover their function after a latency period, and functional reorganization, which reflects compensation for the permanent damage of specific brain areas by the recruitment of other areas not previously involved in the given function [4]. Different types of neuroplasticity may be involved in recovery from anomia; adaptive neuroplasticity results in functional recovery, whereas maladaptive neuroplasticity results in persistence of errors [4, 5]. There is a long-standing debate in the anomia recovery literature regarding functional reorganization: Is better recovery supported by perilesional left hemisphere (LH) language processing areas or right hemisphere (RH) homologues of those areas? However, the extent to which an RH shift reflects adaptive or maladaptive neuroplasticity remains controversial (Anglade et al., 2014). Moreover, the impact that different therapy procedures may have on the recruitment of canonical or noncanonical language processing circuits remains to be explored.

With regard to verb anomia, therapy approaches have been designed with reference to models of word processing that view the phonological and semantic processing of words as key elements for word retrieval (see [2], for a review). Thus, phonological approaches

use sound cues and rhymes to elicit words, whereas semantic approaches use semantic cues and reinforce the semantic features of a given word to facilitate word naming. The efficacy of both approaches has been proven, in particular with treated items [2]. Conversely, poor generalization of treatment effects to untrained verbs has been consistently reported [6–12]. Furthermore, none of these studies have explored the neural substrates sustaining recovery from verb anomia. Regarding the lack of generalization of therapy effects to untrained verbs, it should be noted that none of the publications cited took into consideration the dynamic component of verb processing. The meaning of an action verb includes a dynamic semantic feature that an object does not require. This assumption—grounded in embodied cognition theory—implies that word meaning depends on modal experiences. Thus, semantic processing of a given word—noun or verb—will depend upon the sensory and motor modalities by which objects and actions corresponding to those words are learned and how this learning impacts the functional brain networks supporting word processing ([13, 14]; Pulvermüller et al., 1996). In other words, the learning modality and features of a given word will determine the conceptual and brain-related substrates supporting word retrieval; with verbs, particularly action verbs, these should include sensorimotor features and brain processing areas [15].

An interesting example of how word encoding influences the efficacy of a given strategy for word retrieval comes from the work by Marangolo et al. showing that action observation on its own can represent a useful tool for verb retrieval [16, 17]. Action observation therapy (AOT) principles were first developed for stroke patients who suffered from a motor deficit affecting the upper limbs. Several studies have consistently shown that AOT is an effective way to enhance motor function [18–21]. Ertelt et al. [18] first showed that patients in the chronic stage after stroke experienced significantly improved motor function following a four-week video therapy program compared with a control therapy; additionally, neural activations associated with the AOT showed a significant rise in activity in areas sustaining the action observation/action execution matching system [18]. This system includes the mirror neuron system, which will be discussed below.

In the language rehabilitation domain, Marangolo et al. [17] administered AOT to stroke patients who suffered from aphasia in order to improve verb retrieval. They compared action observation with action observation and execution and found that the mere observation of the performed action was sufficient to activate the corresponding sensorimotor representation in the semantic system, which served as input at the lexical level facilitating verb retrieval. However, their results were not replicated by another recent work [22] and the effect was restricted to trained items. Moreover, the neural substrate underlying recovery with AOT has not yet been investigated.

Several studies have examined the efficacy of other sensorimotor strategies to facilitate verb retrieval. For example, Raymer et al. (2006) examined the effect of gesture execution in aphasia treatment, using pantomimes paired with verbal training for noun and verb retrieval in a group of aphasic patients. Their results showed improved naming of trained nouns and verbs but no generalization of treatment effects to untrained words. Similarly, Rose and Sussmilch [23] obtained significant results following therapy combining verb naming and gesture production; again, the results were restricted to trained items. In sum, observation of action and gesture execution, both associated with verb naming, yielded positive results with trained verbs but not with untrained ones. None of those studies included fMRI segregation analysis of areas sustaining recovery, and thus the behavioral changes observed cannot be linked to any specific neural substrate. Thus, while functional neuroimaging data on verb processing have mostly been related to healthy populations, very little is known about therapy-induced neuroplasticity in the recovery from verb anomia.

In healthy adults, action verb naming has been shown to be supported by left frontal cortical areas, including the left prefrontal cortex (Shapiro et al., 2001), the left superior parietal lobule, the left superior temporal gyrus (Shapiro et al., 2006), the left superior frontal gyrus (Shapiro et al., 2005), and the primary motor cortex in the posterior portion of the precentral gyrus (Porro et al., 1996, [13], and Pulvermüller et al., 2005). As discussed by Durand and Ansaldo [15], these areas have also been associated with the so-called mirror neuron system (MNS), which is thought to support AOT in motor neurorehabilitation after stroke. Mirror neurons are a particular class of visuomotor

neurons, originally discovered in area F5 of the monkey premotor cortex, that discharge both when a monkey does a particular action and when it observes another monkey or a human doing a similar action [24]. The MNS is a mechanism that unifies perception and action, transforming sensory representations of the behavior of others into motor representations of the same behavior in the observer's brain [25]. From this perspective, some authors have suggested that language evolved from a gestural system, first as pantomime and gradually as conventional gestures, eventually developing into a symbolic code [24, 26, 27]. This sensorimotor system is considered to be the structure underlying vocabulary and grammar development [26, 28]. In this view, mirror neurons are considered to be embodied cognitive agents, as they coordinate multi-modal information resulting from an individual's interaction with the environment. According to such theories, the MNS may play a central role in the development of language in humans [24, 26, 27] and in semantic processing, especially action semantic processing.

Apart from the MNS, several links can be made between vision and action. The cortical visual system is known to be segregated into two anatomically and functionally distinct pathways: a ventral occipitotemporal pathway that subserves object perception and a dorsal occipitoparietal pathway that subserves object localization and visually guided action [29–31]. Goodale and Goodale and Milner [30, 32] proposed a model in which the perceptual detection of possible actions in the environment involves the dorsal stream, stretching from the primary visual cortex to the posterior parietal lobe and reaching the premotor areas and a distributed network of areas in the caudal frontal cortex. More than just a visual detection system, the dorsal stream allows action selection with continuous matching between the visual and motor areas [33]. A recent study has shown that, along the dorsal pathway, the anterior intraparietal area and the ventral premotor cortex extract sensorimotor information from perceptual stimuli, making it possible to detect action possibilities from the information detected through the retinotopic map [33].

Recent research shows that sensorimotor processes play a crucial role in language processing. Thus, both behavioral studies [34] and neurofunctional studies [35–44] suggest that the understanding of action words recruits motor areas. Along the same lines, Tremblay and Small [44] showed that functional specialization of specific premotor areas

is involved in both action observation and execution. Moreover, Tomasino and Rumiati (2013) showed that the involvement of sensorimotor areas depends on the strategy used to perform the task. Specifically, if the task requires a person to imagine actions, sensorimotor areas will be involved. Visual mental imagery allows one to obtain an internal representation that functions as a weak form of perception [45]. Mental imagery is known to be an efficient therapy tool for rehabilitation of motor impairments. In language rehabilitation, mental imagery is a relatively new tool, though some studies on aphasia recovery report the activation of visual mental imagery processing areas, such as the inferior occipital gyrus [46].

Taking into account the promising but limited results obtained with anomia therapy approaches based on action observation, gesture, or mental imagery used separately, we designed a new therapy approach combining three sensorimotor strategies previously used to treat verb anomia, namely, action observation, gesture execution, and mental imagery, and combined the three of them in a massed practice format. Thus, personalized observation, execution, and mental imagery therapy (POEM therapy) was designed based on principles of experience-dependent neuroplasticity, namely, stimulus specificity and salience, and a time/frequency ratio corresponding to massed stimulation (for a review of this issue, see [5]). Several studies have shown the benefits of massed practice, defined as practice of a given number of trials in a short time [47–49].

In sum, POEM therapy was developed based on evidence, while incorporating principles of experience-dependent neuroplasticity and targeted, repetitive, and intensive practice of action naming, with the purpose of contributing to strategy development and integration [5]. Moreover, to identify the neural substrates associated with the outcomes of POEM therapy, we used fMRI to assess functional brain activity before and after intervention with POEM therapy and thus assess treatment-induced neuroplasticity.

The purpose of this study is to examine the effects of POEM therapy on the recovery from verb anomia in the context of chronic aphasia and to identify the neural changes associated with behavioral improvement. Two participants with chronic nonfluent aphasia were examined before and after POEM therapy, and behavioral and event-related fMRI measures were taken. Participants received three sessions of POEM therapy per week

over five weeks, in line with a massed therapy approach [47, 48, 50]. Activation maps obtained in the context of oral verb naming were obtained before and after POEM therapy. It was expected that

- (1) POEM therapy would result in significant recovery of verb naming;
- (2) a series of motor and premotor areas would sustain the observed recovery.

2. Material and Methods

Participants. Aphasia severity and typology were determined by an experienced speech-language pathologist (SLP: ED). Inclusion criteria were (1) a single LH stroke, (2) a diagnosis of moderate-to-severe aphasia according to the Montreal-Toulouse Battery (Nespoulous et al., 1986), (3) the presence of anomia according to a standardized naming task [51], (4) having French as their mother tongue, and (5) being right-handed prior to the stroke (Edinburgh Inventory; Oldfield, 1971). Exclusion criteria were (1) the presence of a neurological or psychiatric diagnosis other than stroke, (2) incompatibility with fMRI testing, or (3) diagnosis of mild cognitive impairment or dementia prior to stroke [52]. Participants gave written informed consent according to the Declaration of Helsinki. This study was approved by the Ethics Committee of the Regroupement de Neuroimagerie Québec. Table 1 contains sociodemographic information on the two participants, and Figure 1 shows their structural magnetic resonance imaging (MRI).

Participant 1. P1 is a 65-year-old right-handed woman, who was 7 years postonset from a left temporal stroke, which resulted in nonfluent aphasia and right hemiparesia. She benefited from individual language therapy for a short time just after the stroke; since then, she has participated in activities organized by the association for persons with aphasia. At the beginning of the study, she was not receiving any language therapy. Aphasia testing conducted at that point showed moderate transcortical motor aphasia with moderate apraxia of speech.

Participant 2. P2 is a 72-year-old right-handed woman, who was 34 years postonset from a left temporal stroke, which resulted in nonfluent aphasia and right upper limb hemiplegia. She had received individual language therapy intermittently over the previous 20 years, particularly during the first years after the stroke. She often participates in activities

organized by the association for persons with aphasia. At the beginning of the study, she was not receiving any language therapy. Aphasia testing conducted at that point showed severe transcortical motor aphasia with mild apraxia of speech.

Experimental Procedure. The experimental protocol is similar to previous studies conducted in our lab (Marcotte and Ansaldo, 2010, 2012, and 2013). A baseline language assessment was conducted prior to therapy, followed by an initial fMRI session (T1), which identified the neural substrate of spontaneous correct naming. Afterward, patients received therapy from a trained SLP (ED). A second fMRI session (T2) was performed after five weeks of therapy. This session allowed us to identify the brain areas that subserved therapy-induced neuroplasticity. During both fMRI sessions, patients performed an overt naming task. (See Table 2 for the MRI results.)

Language Assessment. Before therapy, the participants were examined with subtests from Montreal-Toulouse 86 Beta version (Nespoulous et al., 1986) to assess global comprehension, repetition, and fluency; the kissing and dancing test (KDT) for verb comprehension [53]; the dénomination de verbes lexicaux (DVL38) for verb naming [51]; the test de dénomination de Québec (TDQ) for noun naming [54]; and three subtests of the Apraxia Battery for Adults—Second Edition [55]—to measure the presence and severity of verbal, limb, and oral apraxia. These tests allow a complete description of the aphasia profile.

Baseline and Items for fMRI Session and Therapy. Stimuli used for the baseline, the fMRI naming task, and the therapy sessions were 5-second action videos (Durand et al., in prep.). Before therapy, the participant underwent three baseline naming assessments using 134 action videos. Baselines were separated by at least four days; the participant had to show stable oral naming performance. In order to provide more individualized therapy, a set of stimuli was created for the participants on the basis of individual performance on the baseline as follows: correctly named (spontaneous, $n = 20$) and incorrectly named ($n = 60$). Of the incorrectly named items, only 20 were trained and the remaining 40 items allowed us to measure the generalization of therapy effects to untrained items. All sets of items (spontaneous, trained, and untrained) were matched for word frequency, number of phonemes, and syllabic complexity. Statistical analysis of the

lists showed nonsignificant differences regarding these variables. Before the first fMRI session, each participant took part in a practice session in a mock scanner. They could therefore become accustomed to the scanner noise and environment.

For the pretherapy fMRI sessions, a set of items was developed including correctly named (spontaneous, $n = 20$) and incorrectly named ($n = 60$) items and scrambled videos that were optimized to fit the same parameters (motion, colors) as the videos for the control conditions ($n = 40$). For the posttherapy fMRI session, the same set was presented, but this time, the incorrectly named items ($n = 60$) were divided into trained items ($n = 20$) and untrained items ($n = 40$) to measure generalization.

Table 1 Sociodemographic, clinical, and cognitive data for the 2 participants

Patient ID	P1	P2
Sociodemographic data		
Age (years)	65	72
Gender	F	F
Education (years)	18	11
Clinical data		
Handedness	R	R
Etiology	Ischemia	Ischemia
Months postonset	84	408
Aphasia type	Transcortical motor	Transcortical motor
Lesion volume (cm ³)	38	132
Level of verb anomia	68%	55%
Cognitive data (CASP)		
Language (max. 6)	5	6
Visuoconstructive functions (max. 6)	6	5
Executive functions (max. 6)	6	6
Memory (max. 6)	6	6
Praxis (max. 6)	6	5
Orientation (max. 6)	4	6
Total CASP (max. 36)	33	34

CASP: Cognitive Assessment scale for Stroke Patients (Benaim et al., 2015).

During the fMRI scanning, participants were instructed to name the randomly presented videos and to say “baba” in response to scrambled videos. After therapy, the same set of items was presented. Oral responses were audio-recorded with Audacity software.

fMRI Sessions. Participants lay in a supine position on the MRI scanner bed with their head stabilized by foam. Stimuli were pseudorandomly displayed in an optimized order

projected by means of E-Prime software (Psychology Software Tools) from a computer onto a screen at the head of the bore and were visible in a mirror attached to the head coil. Each video and picture was presented for 5000 ms, with an interstimulus interval (ISI) ranging from 1104 to 10,830 ms. As shown in Figure 2, participants were instructed to name each action and object, as clearly and accurately as possible, and to say “baba” each time they saw a distorted picture, while avoiding head movements. An MRI-compatible microphone was placed close to the participant’s mouth, and Audacity software (<http://www.audacityteam.org>) was used to record oral responses.

Functional Neuroimaging Parameters. Images were acquired using a 3T MRI Siemens Trio scanner, which was updated (Prisma Fit) during our data collection, with a standard 32-channel head coil. The image sequence was a T2*-weighted pulse sequence (TR = 2200 ms; TE = 30 ms; matrix = 64 × 64 voxels; FOV = 210 mm; flip angle = 90°; slice thickness = 3 mm; and acquisition = 36 slides in the axial plane with a distance factor of 25% in order to scan the whole brain, including the cerebellum). A high-resolution structural image was obtained before the two functional runs using a 3D T1-weighted imaging sequence using an MP-RAGE (TFE) sequence (TR = 2300 ms; TE = 2.98 ms; 192 slices; matrix = 256 × 256 mm; voxel size = 1 × 1 × 1 mm; and FOV = 256 mm).

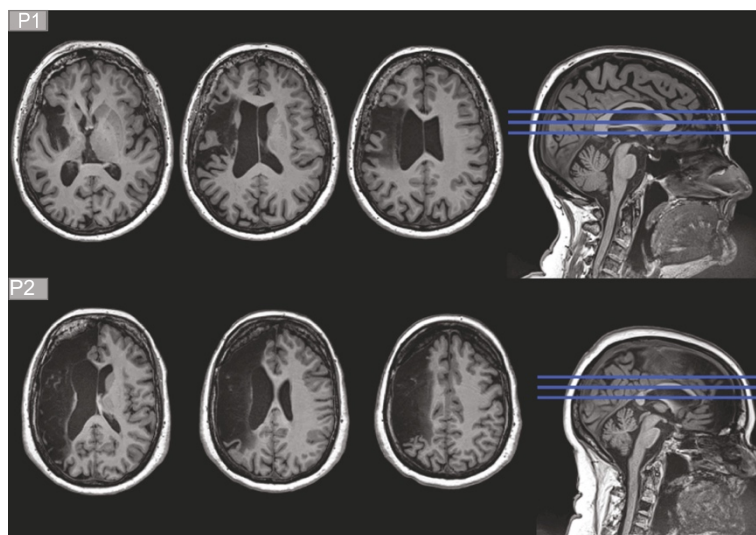


Figure 1 Lesion location on anatomical MRI for P1 (top three slices) and for P2 (bottom three slices).

Table 2 Language assessment and verb naming scores during the pre- and posttherapy MRI sessions for both participants.

Patient ID	P1		P2	
	Pre	Post	Pre	Post
Language assessment				
Comprehension (max. 47)	46	45	32	N/A
Repetition (max. 33)	30	30	N/A	N/A
Fluency	11	5	15	16
TDQ (max. 60)	40	47	52	57
KDT (max. 52)	51	49	48	N/A
DVL38 (max. 114)	77	81	63	65
Verb naming scores during fMRI session	Pre	Post	Pre	Post
Score for trained items (/20)	9	16	10	19
Score for untrained items (/40)	24	30	15	13

Pre: pre-POEM therapy; Post: post-POEM therapy.

Language Therapy with POEM. A trained SLP (ED) provided the POEM therapy, which lasted for one hour and was provided three times per week, over five weeks. During each session, participants were trained to name 20 actions presented in 5-second videos. If the participant could not name the action within 5 to 10 s, she was asked to make the gesture associated with this action, helped by the SLP. If she could not name the action, the participant was asked to imagine the action in a personal context. For instance, with the action to water, the following sequence can be produced after the action observation: the SLP says “Show me what the person is doing with your hands,” and the participant can imitate someone who is watering. If the action is still not named, the SLP says “Imagine this action in your garden.” After these prompts, the word was given to the participant, who was asked to repeat it once.

2.3. Behavioral and fMRI Data Analysis. Responses to the fMRI naming task were recorded and coded offline by an experienced SLP (ED), in order to build the design matrices. Preprocessing and statistical analyses were performed using SPM12 software (Wellcome Trust Centre for Neuroimaging, Institute of Neurology, University College London), running on MATLAB_R2016b (MathWorks Inc., MA, USA). fMRI images were preprocessed with the usual spatial realignment and slice timing. Motion was assessed to ensure that the naming task did not involve head motion exceeding 3 mm. Because precise, valid normalization is critical to understanding the neural substrates of treatment-induced recovery, we used the “Clinical toolbox” extension [56]. This toolbox allows optimal segmentation and registration of brains with distorted anatomy due to lesions. Lesion

masks (PB) hand- traced on T1-weighted images were used to minimize the impact of the lesion on the normalization estimates, by substituting healthy tissue for homologous regions of the intact hemisphere [57]. This yields transformation matrices for normalization into the standard stereotaxic space (MNI space) with $3 \times 3 \times 3 \text{ mm}^3$ voxel size. A spatially smoothed 8 mm Gaussian filter was chosen for the smoothing step. Preprocessed data were analyzed using the general linear model implemented in SPM12. Statistical parametric maps were obtained for each subject and each measurement period (first and second fMRI sessions), by applying linear contrasts to the parameter estimates for the conditions of interest (successful naming with trained/untrained items). Neuroimaging data analyses were performed only on correct responses. Individual maps were calculated for each condition for the whole brain with cluster size superior to 10 voxels and $p < 0.001$ uncorrected.

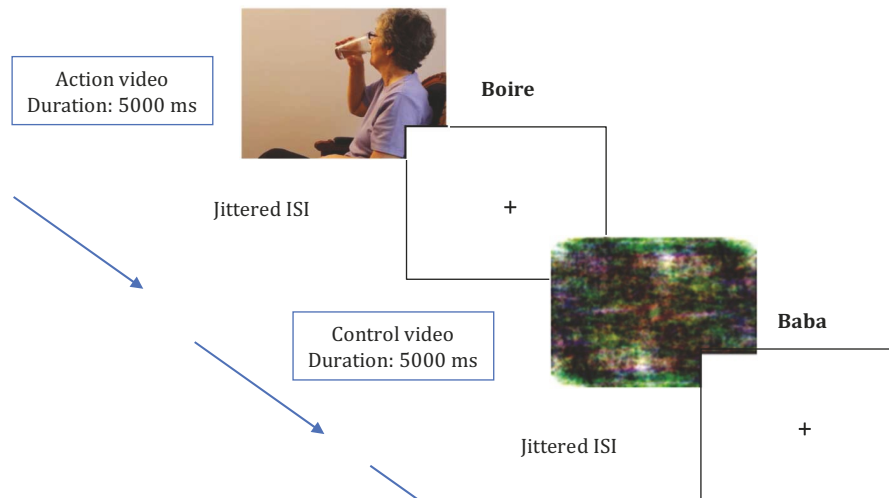


Figure 2 Naming task during fMRI acquisition.

Furthermore, a Lehericy index (LI) was calculated for each participant to estimate the relative contribution of the LH and RH to verb naming in each condition, pre- and post-therapy. We applied Lehericy's algorithm, defined as follows: $(L - R)/(L + R)$, where L represents the number of activated voxels in the LH and R represents the number of activated voxels in the RH. LIs were calculated using voxels in clusters ($k \geq 10$) that exceeded the threshold ($p < 0.001$ uncorrected). LIs can range from -1.0 to $+1.0$. By

convention, values between -0.2 and $+0.2$ represent bilateral language distribution, values between -0.2 and -1.0 represent RH dominance, and values between $+0.2$ and $+1.0$ represent LH dominance. Values between ± 0.5 and ± 1.0 are considered to reflect strong hemisphere dominance [58].

3. Results

Participant 1. By the end of the therapy period, P1 was able to name all of the 20 trained items. However, her performance in the scanner was less accurate than that at the last therapy session, as she named 16 trained items in the post-therapy fMRI session, which occurred one day after the end of therapy. In addition, P1 named 30 of the 40 untrained items that she was unable to name before therapy. Moreover, P1 showed improved verb naming on the DVL38 and noun naming on the TDQ.

As for her fMRI results, spontaneous correct naming before therapy significantly activated the left primary motor cortex, left angular gyrus, and right fusiform gyrus, with predominant LH activation according to the LI. (See Table 3 for fMRI results and Table 4 for LIs.)

Regarding trained items after the therapy, the activation map revealed significant activation in the left cerebellum, left and right middle temporal gyri, and right fusiform gyrus. Moreover, the LI indicated a still bilateral activation (0.17).

Finally, with untrained items, the posttherapy activation map showed significant activation of regions similar to those activated for the trained items, namely, the left middle temporal gyrus and right fusiform gyrus, with the addition of the right inferior frontal gyrus. The LI in this case showed a shift to predominant RH recruitment.

Participant 2. Following therapy, P2 was able to name all of the 20 trained items and correctly named 19 trained items in the posttherapy fMRI session. P2 also named 13 of the 40 untrained items she had been unable to name before therapy. Again, her performance outside the scanner was better for untrained items. Finally, like P1, P2 showed improved verb naming ability on the DVL38 and noun naming ability on the TDQ.

The activation map for correct naming before therapy showed the recruitment of a large set of areas, including bilateral activation of the angular gyrus, superior parietal lobule, premotor cortex, left middle and inferior occipital gyri, and right cerebellum. The LI (0.6) corresponded to a predominant LH activation. (See Table 3 for fMRI results and Table 4 for

LIs.) With trained items, posttherapy activation maps were much smaller, as fewer areas were recruited, namely, the right premotor cortex and left cerebellum, and the LI showed pre- dominant RH activation (-0.58). Unfortunately, it was not possible to obtain an activation map for untrained items, due to the lack of a suprathreshold cluster number.

4. Discussion

This study examined the behavioral and neural correlates of personalized observation, execution, and mental imagery (POEM) therapy, a new approach combining sensorimotor and language-based strategies to treat verb anomia, which was delivered in a massed stimulation format. Two participants with nonfluent chronic aphasia were examined with a verb naming task during

Table 3 Significantly activated areas associated with the production of correct verbs for the two participants

Patient ID	Condition	Pretherapy												Posttherapy																							
		Left hemisphere SPM results						Cluster size	Right hemisphere SPM results						Cluster size	Left hemisphere SPM results						Cluster size	Right hemisphere SPM results														
		Region	BA	X	Y	Z	T-score		Region	BA	X	Y	Z	T-score		Region	BA	X	Y	Z	T-score		Region	BA	X	Y	Z	T-score									
P1	Spontaneously named > baba	Primary motor	4	-39	-25	65	4.82	20	Fusiform	37	60	-46	5	4.79	28	Spontaneously named > baba															Middle temporal gyrus	21	60	-43	2	4.2	19
	Angular gyrus	39	-60	-49	35	3.74	13																														
P1	Incorrectly named > baba	Angular gyrus	39	-60	-43	26	3.49	10	Fusiform	37	60	-46	5	4.2	15	Trained > baba	Cerebellum	-24	-88	-28	4.6	31	Fusiform	37	60	-49	5	4.42	32								
			39	-60	-52	32	3.37									Middle temporal gyrus	21	-60	-22	-4	4.02	14	Middle temporal gyrus	21	48	-40	5	3.46									
																Middle temporal gyrus	21	-54	-31	-1	3.52																
																Middle temporal gyrus	21	-60	-25	-4	4.68	21	Fusiform	37	60	-46	5	5.04	82								
																Middle temporal gyrus	21	-54	-31	-1	3.81		Inferior frontal gyrus	44	39	11	17	4.32	54								
P2	Spontaneously named > baba	Angular gyrus	39	-27	-67	32	5.2	1117	Superior parietal lobule	7	33	-55	53	4.35	117	Spontaneously named > baba	Premotor cortex	6	-15	-19	50	4.5	59	Premotor cortex	6	51	-4	35	5.56	114							
		Superior parietal lobule	7	-27	-67	44	5.08		Angular gyrus	39	30	-67	26	3.64		Middle occipital gyrus	18	-24	-94	2	3.49	20	Cerebellum		15	-73	-31	3.56	12								
		Superior parietal lobule	7	-21	-61	35	4.84		Angular gyrus	39	33	-64	35	3.47		Middle occipital gyrus	18	-12	-85	-10	3.47	14															
		Inferior occipital gyrus	19	-33	-73	-4	4.76	167	Cerebellum		-18	-76	-19	3.95	115	Cerebellum		-33	-73	-28		16															
		Middle occipital gyrus	18	-24	-97	-1	4.23																														
		Premotor cortex	6	-15	14	47	4.22	100																													
			6	-12	8	62	4.09		Cerebellum		12	-39	-49	3.97	69																						
			6	-21	11	56	3.92		Premotor cortex	6	54	-4	35	5.03	56																						
			Fusiform	37	-51	-40	-10	4.09	46	Prefrontal cortex-SMA	8	42	5	35	3.74	11																					
			Fusiform		-48	-52	-19	3.19																													
			Middle occipital gyrus	18	-3	-70	2	3.75	33																												
			Striate cortex	17	-18	-79	14	3.78	17																												
P2	Incorrectly named > baba	Superior parietal lobule	7	-21	-61	35	5.59	1273	Cerebellum		18	-25	-34	5.58	471	Trained > baba	Cerebellum	15	-73	-31	3.75	10	Premotor cortex	6	51	-4	35	4.25	38								
		Primary motor	4	-3	-28	74	4.96		Cerebellum		9	-37	-49	4.75																							
		Middle occipital gyrus	18	-27	-85	5	4.34		Angular gyrus	39	36	-58	44	3.91	76	Untrained > baba	No suprathreshold cluster						No suprathreshold cluster														
		Premotor cortex	6	-3	8	65	4.58	230	Superior parietal lobule	7	30	-61	35	3.6																							
			6	-15	14	47	4.13		Primary motor	4	57	-1	32	4.37	39																						
									Middle frontal gyrus	9	54	26	20	3.91	22																						
							Inferior frontal gyrus	45	54	29	11	3.69																									
							Anterior middle frontal gyrus	46	48	35	17	3.25																									

BA: Brodmann area; baba: condition control.

Table 4 Lateralization indexes related to successful verb naming in the different conditions pre- and posttherapy for P1 and P2.

Lehéricy index	P1	P2
Spontaneous pretherapy	0.08	0.6
Spontaneous posttherapy	-1	-0.07
Incorrect pretherapy	-0.2	0.42
Incorrect—trained posttherapy	0.17	-0.58
Incorrect—untrained posttherapy	-0.73	N/A

event-related fMRI scanning, before and after therapy. Both participants benefited from POEM, with improvements observed with both trained and untrained items. Concurrently with the behavioral improvement, changes in the neural substrates sustaining verb naming were observed in both participants, with distinctive activation patterns observed posttherapy, including areas related to the nature of POEM therapy.

As hypothesized, the outcomes revealed the positive effects of POEM therapy on verb naming for both participants. The results are in line with previous studies showing that sensorimotor strategies are efficient therapy tools for recovery from verb anomia secondary to aphasia [16, 17, 22, 23]. However, none of those studies found positive therapy effects on untrained items. Two possible interpretations of these results were considered: on the one hand, they could be due to the origins of verb anomia; on the other hand, they could be due to the types of strategies used. In their study using semantic plus gesture treatments for verb anomia, Rose and Sussmilch [23] reported significant improvement for two participants with lexical- phonological-based anomia, but there is no improvement for the participant with semantic-based anomia. Similarly, Marangolo et al. [17] obtained positive results with AOT on verb retrieval for participants with lexical-phonological- based verb anomia, but there is no improvement for those who presented semantic-based verb anomia. The authors of those studies suggested that the severity of the semantic impairment underlying the anomia was responsible for the lack of improvement after the therapy. In our study, the semantic processing assessment showed that each participant had a preserved semantic system before the therapy. Because sensorimotor strategies are related to the semantic component of action, the improvement in verb retrieval would have been facilitated by preserved semantic abilities.

Furthermore, improvement was also observed on the untrained list after POEM therapy. Although this result was limited for P2 in the context of fMRI, the improvement was noted behaviorally and the same result has been found consistently with a group of 10 participants who have received POEM therapy (Durand et al., in prep). However, a generalization to untrained items was not found in several earlier studies using sensorimotor strategies. The sensorimotor strategies applied by Marangolo et al. [17], Raymer et al. (2007), and Rose and Susmilch [23] used only one type of sensorimotor cue—gesture or observation in association with verb naming—whereas with POEM therapy, several sensorimotor cues were provided—observation of the action, gesture, and mental imagery—which may have facilitated word retrieval. According to cognitive models of word naming, this combination of semantic inputs could increase activation at the semantic level and facilitate the flow to the lexical and articulation levels and verb naming [59, 60]. Moreover, in line with the embodied theory, the various sensorimotor cues in POEM therapy tap into the specific encoding features of verbs [14, 26, 36, 42, 44], thus enhancing the therapy’s specificity, another factor that has been shown to contribute to therapy efficacy [2].

The personalized approach potentially contributes to POEM’s efficacy and generalization effects. Thus, verbs targeted with POEM were selected according to each participant’s naming performance before therapy. Personalization of therapy items is considered to increase motivation, and thus attention focus, and has been shown to contribute to therapy efficacy [61].

Finally, as shown by previous works [47–49], massed stimulation with the POEM protocol may also explain the differences observed between our study and the other studies considered. The structured and massed practice on a limited number of items may have contributed to the implementation of a naming strategy that could be generalized to untreated items.

The improvement observed for our two participants occurred concomitantly with changes in neural recruitment. As hypothesized, the recovery following POEM therapy involves the recruitment of an alternative circuit, including the activation of motor and premotor areas.

Although the behavioral improvement looks the same for both participants, two different patterns appeared after the POEM therapy.

In the case of P1, the pretherapy fMRI session showed bilateral distribution according to the LI. More specifically, considering the activation maps for spontaneously named items to be trained or untrained, the recruitment includes the left primary motor area, left angular gyrus, and right fusiform gyrus. The left primary motor area and left angular gyrus are canonical areas, part of the dorsal stream pathway of language [62], that reveal the perilesional recruitment associated with aphasia recovery. These two areas are also known to be involved in verb naming [13, 63]. The angular gyrus, which is an associative area between somatosensory information and visual information, participates in the processing of sequence actions, which may be related to the processing of the action videos (Crozier et al., 1999). The recruitment of the right fusiform gyrus can also be related to the processing of visual stimuli. The fusiform gyrus is involved in lexical-semantic association, that is, associating words with visual stimuli [64]. To summarize, for P1, the pretherapy fMRI session revealed the recruitment of canonical areas for verb naming, including perilesional areas, in line with a functional reactivation.

After the POEM therapy, the activation map for trained items reveals that distribution is still bilateral (LI = 0.17), including the right fusiform gyrus and the bilateral middle temporal gyri and left cerebellum. The bilateral middle temporal gyri participate in semantic processing, word generation, and observation of motion [65]. Classically, the cerebellum is known to regulate motor movement and be involved in motor speech planning. But recent fMRI studies have revealed the contribution of the cerebellum to other kinds of language processing [66, 67], namely, verb generation [68]. To sum up, post-POEM therapy, the activation pattern is consistent with the sensorimotor nature of POEM therapy and therefore is likely to have been therapy-induced.

More interestingly, in P1, the activation patterns for trained and untrained items posttherapy included common areas, with the activation of the left middle temporal gyrus, right fusiform gyrus, and right inferior frontal gyrus. The similarity of neural recruitment for trained and untrained items after POEM therapy suggests that the same kind of processing was used to name the verbs. Furthermore, these similar activations occur

concomitantly with the generalization observed in behavioral results. The behavioral and neural results are evidence of the potential application of the same strategies to retrieve verbs.

In the case of P2, the pretherapy fMRI session showed dominant LH activation according to the LI. Considering the large lesion on the left hemisphere, it is not surprising that the activation for spontaneously named items included posterior visual processing areas such as the striate cortex and middle and inferior occipital gyri. But canonical areas for verb naming were also recruited, namely, the angular gyrus and premotor cortex bilaterally. These areas are known to be part of the action naming network in the LH [13, 14, 44]. The bilateral activations on the activation map pretherapy revealed adaptive neuroplasticity with a functional reorganization, which included the homologous areas for verb naming.

After P2's POEM therapy, there was a dramatic decrease in the number of areas recruited for verb naming. The post-therapy activation is supported exclusively by the right premotor area and the left cerebellum. As discussed above, these two areas are involved in action observation and verb naming [44, 66, 67]. This significant reduction in the number of brain areas supporting correct naming suggests that POEM therapy could lead to a more economical use of brain resources. Moreover, considering the LI (-0.58), there was a shift to the RH. This shift is related to adaptive neuroplasticity and is not surprising considering P2's large lesion. This result is in line with the suggested complementary role of the RH in the context of large lesions proposed by Anglade et al. (2013) who argued that, when there is a large lesion with near-complete destruction of the primary language processing areas, significant RH activation is involved.

Our preliminary results showed that neural changes appeared together with behavioral improvements in verb naming after POEM therapy was applied. Although neurorehabilitation studies in the physical domain had provided convincing evidence that action observation and motor imagery might enhance the efficacy of motor training and/or motor recovery by stimulating the activity of the sensorimotor system [69–72], no studies had explored this combination in the case of language rehabilitation. However, the link between action observation, motor imagery, and the sensorimotor system through the MNS system may apply to language too. As discussed by Durand and Ansaldo [15], the

MNS is considered to have provided a natural platform for the development of language in humans. Several studies in the field of embodied cognition have provided evidence that the sensorimotor system can be considered an embodied cognitive agent, as it coordinates multimodal information resulting from an individual's interaction with the environment and constitutes a physiological substrate for empirical data linking language and motor processing [24, 26, 27].

Several fMRI studies have shown links between language and motor processing areas within the MNS. Specifically, language comprehension and production tasks engage somatotopic activations, that is, the recruitment of specific motor areas, depending on the body part involved in the action associated with the language target [35, 43]. These findings suggest that the MNS plays an important role in the reintegration of sensorimotor representations during the conceptual processing of actions evoked by linguistic stimuli. Thus, the cooccurrence of these activations weaves connections between motor and language processing areas. These connections represent an interesting framework devoted to the enhancement of skill recovery in language rehabilitation. They were exploited through the application of POEM therapy, leading to preliminary results with two participants.

This work concerns two case studies, and thus, it represents a proof of concept for further investigation of the effects of POEM. Thus, larger experimental samples are required to test for the external validity of these findings. This being said, the two single-case studies reported here concern two different cases, in terms of lesion size, location, and volume, thus providing evidence for the efficacy of POEM in more than one type of aphasia patients. Hence, while group study strength lies on statistical power, single-case studies are informative in terms of the variables that can influence recovery. In particular, group studies average activations, while single-case studies show different patterns of neurofunctional changes, in particular perilesional activations, which are known to better correlate with functional recovery [73]. The present study shows how similar behavioral improvement across the two participants is observed in the context of different lesion volumes and neurofunctional patterns.

Another potential caveat of the present study concerns sociodemographic differences between the two participants, in particular, time poststroke, lesion volume, and education level. Specifically, P2 was 408 months poststroke, while P1 was 84 months poststroke. Time elapsed after stroke has been shown to play an important role in treatment-related changes, but this concerns particularly the acute or subacute phase of recovery, as opposed to the chronic state, which is generally considered to go beyond 6–12 months after stroke [74, 75]. Consequently, we do not think that differences in neurofunctional patterns observed in P1 and P2 can be accounted for by time elapsed after stroke but reflect the influence of lesion size and volume, while these two factors do not seem to modulate POEM therapy efficacy, as documented by equivalent improvement across the two participants.

In all, the results of this study provide evidence for the efficacy of POEM and its neural correlates, in two cases of chronic verb anomia, resulting from lesions varying in size, location, and volume, and in participants with different educational backgrounds. Future studies will examine the effects of POEM on larger samples (Durand et al., in prep.) and gather both the anatomical and functional correlates of language and motor networks sustaining its efficacy. It will possibly increase our understanding of the mechanisms underlying the recovery from verb anomia, so that more efficient and synergistic rehabilitative interventions based on the links between motricity and language can be designed.

Disclosure

The results of this study will be presented as a scientific poster at the Tenth Annual Meeting of the Society for the Neurobiology of Language (Québec, Canada, August 16–18, 2018).

Conflicts of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Acknowledgments

The authors wish to thank the participants for their contribution to this study. This research was supported by the Heart and Stroke Foundation of Canada research grant to

Ana Inés Ansaldo and a Fonds de Recherche du Québec-Santé doctoral grant to Edith Durand.

References

- [1] J. M. C. Lam and W. P. Wodchis, "The relationship of 60 disease diagnoses and 15 conditions to preference-based health-related quality of life in Ontario hospital-based long-term care residents," *Medical Care*, vol. 48, no. 4, pp. 380–387, 2010.
- [2] J. Webster and A. Whitworth, "Treating verbs in aphasia: exploring the impact of therapy at the single word and sentence levels," *International Journal of Language and Communication Disorders*, vol. 47, no. 6, pp. 619–636, 2012.
- [3] P. Conroy, K. Sage, and M. A. Lambon Ralph, "Towards theory-driven therapies for aphasic verb impairments: a review of current theory and practice," *Aphasiology*, vol. 20, no. 12, pp. 1159–1185, 2006.
- [4] J. Grafman, "Conceptualizing functional neuroplasticity," *Journal of Communication Disorders*, vol. 33, no. 4, pp. 345–356, 2000.
- [5] J. A. Kleim and T. A. Jones, "Principles of experience-dependent neural plasticity: implications for rehabilitation after brain damage," *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, vol. 51, pp. S225–S239, 2008.
- [6] R. S. Berndt, C. C. Mitchum, A. N. Haendiges, and J. Sandson, "Verb retrieval in aphasia. 1. Characterizing single word impairments," *Brain and Language*, vol. 56, no. 1, pp. 68–106, 1997.
- [7] P. Conroy, K. Sage, and M. A. Lambon Ralph, "The effects of decreasing and increasing cue therapy on improving naming speed and accuracy for verbs and nouns in aphasia," *Aphasiology*, vol. 23, no. 6, pp. 707–730, 2009.
- [8] P. Conroy, K. Sage, and M. L. Ralph, "Improved vocabulary production after naming therapy in aphasia: can gains in picture naming generalise to connected speech?," *International Journal of Language and Communication Disorders*, vol. 44, no. 6, pp. 1036–1062, 2009.
- [9] J. Marshall, T. Pring, and S. Chiat, "Verb retrieval and sentence production in aphasia," *Brain and Language*, vol. 63, no. 2, pp. 159–183, 1998.
- [10] A. M. Raymer, M. Ciampitti, B. Holliway et al., "Semantic-phonologic treatment for noun and verb retrieval impairments in aphasia," *Neuropsychological Rehabilitation*, vol. 17, no. 2, pp. 244–270, 2007.
- [11] A. M. Raymer and L. Rothi, "Clinical diagnosis and treatment of naming disorders," in *The Handbook of Adult Language Disorders: Integrating Cognitive Neuropsychology, Neurology and Rehabilitation*, A. E. Hillis, Ed., pp. 163–182, Psychology Press, New York and East Sussex, 2002.
- [12] J. L. Wambaugh and M. Ferguson, "Application of semantic feature analysis to retrieval of action names in aphasia," *Journal of Rehabilitation Research and Development*, vol. 44, no. 3, pp. 381–394, 2007.
- [13] F. Pulvermüller, "Brain mechanisms linking language and action," *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 6, no. 7, pp. 576–582, 2005.
- [14] F. Pulvermüller, "Meaning and the brain: the neurosemantics of referential, interactive, and combinatorial knowledge," *Journal of Neurolinguistics*, vol. 25, no. 5, pp. 423–459, 2012.
- [15] E. Durand and A. I. Ansaldo, "Recovery from anomia following semantic feature analysis: therapy-induced neuro-plasticity relies upon a circuit involving motor and language processing areas," *The Mental Lexicon*, vol. 8, no. 2, pp. 195–215, 2013.
- [16] S. Bonifazi, F. Tomaiuolo, G. Altoè, M. Ceravolo, L. Provinciali, and P. Marangolo, "Action observation as a useful approach for enhancing recovery of verb production: new evidence from aphasia," *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, vol. 49, 2013.
- [17] P. Marangolo, S. Bonifazi, F. Tomaiuolo et al., "Improving language without words: first evidence from aphasia," *Neuropsychologia*, vol. 48, no. 13, pp. 3824–3833, 2010.
- [18] D. Ertelt, S. Small, A. Solodkin et al., "Action observation has a positive impact on rehabilitation of motor deficits after stroke," *NeuroImage*, vol. 36, pp. T164–T173, 2007.
- [19] M. Franceschini, M. Agosti, A. Cantagallo, P. Sale, M. Mancuso, and G. Buccino, "Mirror neurons: action observation treatment as a tool in stroke rehabilitation," *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, vol. 46, no. 4, pp. 517–523, 2010.
- [20] M. Franceschini, M. G. Ceravolo, M. Agosti et al., "Clinical relevance of action observation in upper-limb stroke rehabilitation: a possible role in recovery of functional dexterity. A randomized clinical trial," *Neurorehabilitation and Neural Repair*, vol. 26, no. 5, pp. 456–462, 2012.
- [21] M.-H. Zhu, J. Wang, X. D. Gu et al., "Effect of action observation therapy on daily activities and motor recovery in stroke patients," *International Journal of Nursing Sciences*, vol. 2, no. 3, pp. 279–282, 2015.
- [22] S. Routhier, N. Bier, and J. Macoir, "The contrast between cueing and/or observation in therapy for verb retrieval in post-stroke aphasia," *Journal of Communication Disorders*, vol. 54, pp. 43–55, 2015.
- [23] M. Rose and G. Sussmilch, "The effects of semantic and gesture treatments on verb retrieval and verb use in

- aphasia," *Aphasiology*, vol. 22, no. 7-8, pp. 691–706, 2008.
- [24] G. Rizzolatti and L. Craighero, "The mirror-neuron system," *Annual Review of Neuroscience*, vol. 27, no. 1, pp. 169–192, 2004.
- [25] G. Rizzolatti and C. Sinigaglia, "The functional role of the parieto-frontal mirror circuit: interpretations and misinterpretations," *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 11, no. 4, pp. 264–274, 2010.
- [26] M. C. Corballis, "Mirror neurons and the evolution of language," *Brain and Language*, vol. 112, no. 1, pp. 25–35, 2010.
- [27] M. Gentilucci and G. C. Campione, "From action to speech," in *Language and Action in Cognitive Neuroscience*, Y. Coello and A. Bartolo, Eds., pp. 59–79, Psychology press Taylor & Francis Group, London and New York, 2012.
- [28] V. Gallese and G. Lakoff, "The brain's concepts: the role of the sensory-motor system in conceptual knowledge," *Cognitive Neuropsychology*, vol. 22, no. 3-4, pp. 455–479, 2005.
- [29] E. Freud, D. C. Plaut, and M. Behrmann, "What's happening in the dorsal visual pathway," *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 20, no. 10, pp. 773–784, 2016.
- [30] M. A. Goodale, "Transforming vision into action," *Vision Research*, vol. 51, no. 13, pp. 1567–1587, 2011.
- [31] R. D. McIntosh and T. Schenk, "Two visual streams for perception and action: current trends," *Neuropsychologia*, vol. 47, no. 6, pp. 1391–1396, 2009.
- [32] M. A. Goodale and A. D. Milner, "Separate visual pathways for perception and action," *Trends in Neurosciences*, vol. 15, no. 1, pp. 20–25, 1992.
- [33] S. Zipoli Caiani and G. Ferretti, "Semantic and pragmatic integration in vision for action," *Consciousness and Cognition*, vol. 48, pp. 40–54, 2017.
- [34] P. Aravena, Y. Delevoye-Turrell, V. Deprez et al., "Grip force reveals the context sensitivity of language-induced motor activity during "action words" processing: evidence from sentential negation," *PLoS One*, vol. 7, no. 12, article e50287, 2012.
- [35] L. Aziz-Zadeh, S. M. Wilson, G. Rizzolatti, and M. Iacoboni, "Congruent embodied representations for visually presented actions and linguistic phrases describing actions," *Current Biology*, vol. 16, no. 18, pp. 1818–1823, 2006.
- [36] M. Bedny, A. Caramazza, A. Pascual-Leone, and R. Saxe, "Typical neural representations of action verbs develop without vision," *Cerebral Cortex*, vol. 22, no. 2, pp. 286–293, 2012.
- [37] J. R. Binder, R. H. Desai, W. W. Graves, and L. L. Conant, "Where is the semantic system? A critical review and meta-analysis of 120 functional neuroimaging studies," *Cerebral Cortex*, vol. 19, no. 12, pp. 2767–2796, 2009.
- [38] V. Boulenger, O. Hauk, and F. Pulvermüller, "Grasping ideas with the motor system: semantic somatotopy in idiom comprehension," *Cerebral Cortex*, vol. 19, no. 8, pp. 1905–1914, 2009.
- [39] G. Buccino, F. Lui, N. Canessa et al., "Neural circuits involved in the recognition of actions performed by nonconspecifics: an fMRI study," *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 16, no. 1, pp. 114–126, 2004.
- [40] S. Caspers, K. Zilles, A. R. Laird, and S. B. Eickhoff, "ALE meta-analysis of action observation and imitation in the human brain," *NeuroImage*, vol. 50, no. 3, pp. 1148–1167, 2010.
- [41] L. Fernandez, L. L. Conant, J. R. Binder et al., "Parkinson's disease disrupts both automatic and controlled processing of action verbs," *Brain and Language*, vol. 127, no. 1, pp. 65–74, 2013.
- [42] D. Jirak, M. M. Menz, G. Buccino, A. M. Borghi, and F. Binkofski, "Grasping language – a short story on embodiment," *Consciousness and Cognition*, vol. 19, no. 3, pp. 711–720, 2010.
- [43] M. Tettamanti, G. Buccino, M. C. Saccuman et al., "Listening to action-related sentences activates fronto-parietal motor circuits," *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol. 17, no. 2, pp. 273–281, 2005.
- [44] P. Tremblay and S. L. Small, "From language comprehension to action understanding and back again," *Cerebral Cortex*, vol. 21, no. 5, pp. 1166–1177, 2011.
- [45] J. Pearson, T. Naselaris, E. A. Holmes, and S. M. Kosslyn, "Mental imagery: functional mechanisms and clinical applications," *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 19, no. 10, pp. 590–602, 2015.
- [46] E. Gleichgerricht, J. Fridriksson, C. Rorden, T. Nesland, R. Desai, and L. Bonilha, "Separate neural systems support representations for actions and objects during narrative speech in post-stroke aphasia," *NeuroImage: Clinical*, vol. 10, pp. 140–145, 2016.
- [47] E. Maas, D. A. Robin, S. N. Austermann Hula et al., "Principles of motor learning in treatment of motor speech disorders," *American Journal of Speech-Language Pathology*, vol. 17, no. 3, pp. 277–298, 2008.
- [48] E. L. Middleton, M. F. Schwartz, K. A. Rawson, H. Traut, and J. Verkuilen, "Towards a theory of learning for naming rehabilitation: retrieval practice and spacing effects," *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, vol. 59, no. 5, pp. 1111–1122, 2016.
- [49] F. Pulvermüller and M. L. Berthier, "Aphasia therapy on a neuroscience basis," *Aphasiology*, vol. 22, no. 6, pp. 563–599, 2008.
- [50] F. Pulvermüller and L. Fadiga, "Chapter 26 - brain language mechanisms built on action and perception," in *Neurobiology of Language*, G. Hickok and S. L. Small, Eds., Academic Press, San Diego, 2016.
- [51] C. Hammelrath, *DVL 38: test de dénomination des verbes lexicaux en images*, Ortho éd, 1999.
- [52] J. L. Barnay, G. Wauquiez, H. Y. Bonnin-Koang et al., "Feasibility of the Cognitive Assessment scale for Stroke Patients (CASP) vs. MMSE and MoCA in aphasic left hemispheric stroke patients," *Annals of Physical and*

- Rehabilitation Medicine*, vol. 57, no. 6-7, pp. 422–435, 2014.
- [53] T. H. Bak and J. R. Hodges, *Kissing and Dancing Test Sydney (Australia) Neuroscience Research Australia*, Neuroscience Research Australia NeuRA, 2003.
- [54] J. Macoir, C. Beaudoin, J. Bluteau, O. Potvin, and M. A. Wilson, “TDQ-60—a color picture-naming test for adults and elderly people: validation and normalization data,” *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, vol. 24, pp. 1–14, 2017.
- [55] B. L. Dabul, *Apraxia Battery for Adults*, Pro-ed, 2nd edition, 2000.
- [56] C. Rorden, L. Bonilha, J. Fridriksson, B. Bender, and H.-O. Karnath, “Age-specific CT and MRI templates for spatial normalization,” *NeuroImage*, vol. 61, no. 4, pp. 957–965, 2012.
- [57] P. Nachev, E. Coulthard, H. R. Jäger, C. Kennard, and M. Husain, “Enantiomorphic normalization of focally lesioned brains,” *NeuroImage*, vol. 39, no. 3, pp. 1215–1226, 2008.
- [58] M. Catani, D. K. Jones, and D. H. Ffytche, “Perisylvian language networks of the human brain,” *Annals of Neurology*, vol. 57, no. 1, pp. 8–16, 2005.
- [59] M. Goldrick and B. Rapp, “A restricted interaction account (RIA) of spoken word production: the best of both worlds,” *Aphasiology*, vol. 16, no. 1-2, pp. 20–55, 2002.
- [60] W. J. M. Levelt, “Spoken word production: a theory of lexical access,” *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 98, no. 23, pp. 13464–13471, 2001.
- [61] K. Marcotte, D. Adrover-Roig, B. Damien et al., “Therapy-induced neuroplasticity in chronic aphasia,” *Neuropsychologia*, vol. 50, no. 8, pp. 1776–1786, 2012.
- [62] G. Hickok and D. Poeppel, “Dorsal and ventral streams: a framework for understanding aspects of the functional anatomy of language,” *Cognition*, vol. 92, no. 1-2, pp. 67–99, 2004.
- [63] K. Herholz, A. Thiel, K. Wienhard et al., “Individual functional anatomy of verb generation,” *NeuroImage*, vol. 3, no. 3, pp. 185–194, 1996.
- [64] S. Abrahams, L. H. Goldstein, A. Simmons et al., “Functional magnetic resonance imaging of verbal fluency and confrontation naming using compressed image acquisition to permit overt responses,” *Human Brain Mapping*, vol. 20, no. 1, pp. 29–40, 2003.
- [65] G. Rizzolatti, L. Fadiga, M. Matelli et al., “Localization of grasp representations in humans by PET: 1. Observation versus execution,” *Experimental Brain Research*, vol. 111, no. 2, pp. 246–252, 1996.
- [66] H. J. De Smet, P. Paquier, J. Verhoeven, and P. Mariën, “The cerebellum: its role in language and related cognitive and affective functions,” *Brain and Language*, vol. 127, no. 3, pp. 334–342, 2013.
- [67] P. Mariën, H. Ackermann, M. Adamaszek et al., “Consensus paper: language and the cerebellum: an ongoing enigma,” *The Cerebellum*, vol. 13, no. 3, pp. 386–410, 2014.
- [68] M. Frings, A. Dimitrova, C. F. Schorn et al., “Cerebellar involvement in verb generation: an fMRI study,” *Neuroscience Letters*, vol. 409, no. 1, pp. 19–23, 2006.
- [69] M. Bassolino, M. Campanella, M. Bove, T. Pozzo, and L. Fadiga, “Training the motor cortex by observing the actions of others during immobilization,” *Cerebral Cortex*, vol. 24, no. 12, pp. 3268–3276, 2014.
- [70] M. Bassolino, G. Sandini, and T. Pozzo, “Activating the motor system through action observation: is this an efficient approach in adults and children?,” *Developmental Medicine and Child Neurology*, vol. 57, pp. 42–45, 2015.
- [71] A. Bisio, L. Avanzino, N. Gueugneau, T. Pozzo, P. Ruggeri, and M. Bove, “Observing and perceiving: a combined approach to induce plasticity in human motor cortex,” *Clinical Neurophysiology*, vol. 126, no. 6, pp. 1212–1220, 2015.
- [72] R. Gentili, C. Papaxanthis, and T. Pozzo, “Improvement and generalization of arm motor performance through motor imagery practice,” *Neuroscience*, vol. 137, no. 3, pp. 761–772, 2006.
- [73] M. Meinzer, P. M. Beeson, S. Cappa et al., “Neuroimaging in aphasia treatment research: consensus and practical guidelines for data analysis,” *NeuroImage*, vol. 73, pp. 215–224, 2013.
- [74] M. Meinzer and C. Breitenstein, “Functional imaging studies of treatment-induced recovery in chronic aphasia,” *Aphasiology*, vol. 22, no. 12, pp. 1251–1268, 2008.

**ACCORD DES COAUTEURS D'UN ARTICLE
INCLUS DANS UN MÉMOIRE DE MAÎTRISE OU UNE THÈSE DE DOCTORAT**

Lorsqu'un étudiant n'est pas le seul auteur d'un article qu'il veut inclure dans son mémoire ou dans sa thèse, il doit obtenir l'accord de tous les coauteurs. De plus, le nom de tous les coauteurs doit apparaître dans le manuscrit pour chacun des articles. L'étudiant doit s'assurer qu'il détient les autorisations requises.
Pour toute information complémentaire, consultez le Guide de présentation et d'évaluation des mémoires et des thèses disponible sous l'option **Publications** de la section **Cheminement et encadrement** du site www.fesp.umontreal.ca.


1. Identification

Nom DURAND	Prénom Edith	Matricule p 0 9 4 6 7 1 6
Grade Philosophiae Doctor Ph. D.	Programme 3-484-1-0	

2. Description de l'article

Auteurs Edith DURAND, Pierre BERROIR et Ana Inés ANSALDO	
Titre The Neural and Behavioral Correlates of Anomia Recovery following Personalized Observation, Execution, and Mental Imagery Therapy: A Proof of Concept	
État actuel de l'article	<input checked="" type="checkbox"/> publié <input type="checkbox"/> soumis pour publication <input type="checkbox"/> en préparation
Revue / journal *	Neural Plasticity
* Si l'article est en phase finale de préparation ou a été soumis pour publication, veuillez fournir tous les détails disponibles.	

3. Déclaration de tous les coauteurs autres que l'étudiant

À titre de coauteur de l'article identifié ci-dessus, j'autorise : <u>Edith Durand</u>	
à inclure cet article dans <input type="checkbox"/> son mémoire de maîtrise <input checked="" type="checkbox"/> sa thèse de doctorat	
qui a pour titre _____	
Pierre Berroir Coauteur	 26 Juin 2019 Date
ANA INÉS ANSALDO Coauteur	09/09/2019 Date
Coauteur	Signature _____ Date _____
Coauteur	Signature _____ Date _____

C. Troisième article : Changes in resting state functional connectivity following Personalized Observation, Execution and Mental Imagery Therapy in chronic aphasia: Preliminary results

Edith Durand^{1,2}, Anna Sontheimer³, Michèle Masson-Trottier^{1,2} et Ana Inés Ansaldo^{1,2}

1 Centre de recherche de l'institut universitaire de Gériatrie de Montréal CRIUGM (Canada)

2 École d'orthophonie, Faculté de Médecine, Université de Montréal (Canada)

3 IGCNC (Image-Guided Clinical Neuroscience and connectomics), EA 7282, Unité de formation et de recherche Médecine, Université Clermont Auvergne, Clermont-Ferrand (France)

Background: In this study, we examined changes in resting-state functional connectivity in participants with aphasia (PWA) following Personalized Observation, Execution, and Mental Imagery therapy (POEM). POEM is a new theory-driven therapy exploiting the neurofunctional link between action and language systems to improve verb retrieval in the context of aphasia. POEM was shown to be efficient on verb retrieval capacity in a group of PWA (Durand & Ansaldo, submitted). Furthermore, POEM was shown to recruit brain areas that belong to the language and sensorimotor systems (Durand, Berroir, & Ansaldo, 2018). In a step further on the effects of POEM, this study reports on the functional connectivity changes associated with the behavioural improvement following POEM, with the aim to measure changes in the functional integration across systems distributed in the whole brain. *Design:* Four PWA with verb anomia were followed-up in a pre-post-therapy study including two resting-state fMRI acquisition. POEM was administered in a massed stimulation schedule resulting in significant improvement on trained items. Moreover, four matched healthy control participants were enrolled in two MRI acquisitions time-spaced corresponding to the therapy duration. *Results:* All PWA benefited from the therapy. The changes in resting-state functional connectivity have been identified, namely an increase of the functional connectivity between the right precentral gyrus and the left lingual gyrus, between the left superior parietal lobule and the parahippocampal gyrus, and between the left supracalcarine cortex and the right cuneal cortex, showing the involvement of areas involved in language, visual and sensorimotor processing. A decrease of the functional connectivity was measured between the left posterior supramarginal gyrus and the left lateral sensorimotor area included in the sensorimotor network. Moreover, the functional connectivity between the right inferior frontal gyrus and the left thalamus was higher in the group of PWA than in the group of healthy control after POEM. This study is the first to investigate functional integration changes following a verb retrieval therapy using a combination of sensorimotor strategies supported by a theoretical framework of embodied cognition. These preliminary results are the first evidence suggesting that the nature of POEM integrating sensorimotor and language strategies may induce modifications on large-scale networks that are not primarily known for their role in language processing and benefiting from the visual and sensorimotor systems to sustain action naming.

Keywords: verb therapy, aphasia, functional connectivity, embodied cognition

1. Introduction

Aphasia is an acquired language disorder following brain injury, whose consequences can be devastating on the quality of life (Lam & Wodchis, 2010; Le Dorze & Brassard, 1995). Anomia refers to impairment in word retrieval, which is the most common aphasia symptom. It is also the most frequent and pervasive symptom for people with aphasia, regardless of aphasia type (Potagas, Kasselimis, & Evdokimidis, 2017). Anomia can affect differently nouns and verbs (Conroy, Sage, & Lambon Ralph, 2006; Vigliocco, Vinson, Druks, Barber, & Cappa, 2011). A substantial body of aphasia research has focused on noun retrieval, while therapies targeting verb anomia remain scarce (Webster & Whitworth, 2012). However, verbs deficits are more common than noun deficits (Mätzig, Druks, Masterson, & Vigliocco, 2009), with no clear-cut correspondence with aphasia-type (Conroy et al., 2006; Mätzig et al., 2009; Webster & Whitworth, 2012). Moreover, verb retrieval difficulties are pervasive and can impact negatively on daily communication (Rofes, Capasso, & Miceli, 2015).

In recovery from aphasia, the attempt to compensate for anomia may be related to the concept of neuroplasticity. Neuroplasticity refers to a number of brain mechanisms involved in learning and relearning and is reflected in changes in brain activation patterns highlighted by functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI). It has been proposed that functional brain architecture abides by two principles, namely, functional segregation and functional integration (Marrelec et al., 2008; Tononi, Edelman, & Sporns, 1998). The segregation principle states that some functional processes are involved in well-located brain regions, while the integration principle acknowledges that even simple behaviours imply the merging of information flows across many systems distributed in the whole brain (Varela, Lachaux, Rodriguez, & Martinerie, 2001). The investigation on how the segregation of brain networks underlies successful behavioural improvements following an anomia therapy can be done using the map of regions activated across the entire brain in a pre-post fMRI study, whereas the investigation on integration can be done using functional connectivity between regions of interest (ROI) defined as the temporal correlation between the voxel or region time courses (Friston, 1994; Friston, 2011; Sporns, 2014). The investigation of the therapy-induced functional integration changes can be done using the map of correlations between ROIs in a pre-post fMRI study. While fMRI activation studies provide valuable insight into effects of treatment-induced

neuroplasticity, functional connectivity analyses can capture changes in the functional flow of information.

To date, some studies on **anomia therapies** investigated the therapy effects using functional integration with two methodological approaches: task-based functional connectivity (Kiran, Meier, Kapse, & Glynn, 2015; Marcotte, Perlberg, Marrelec, Benali, & Ansaldo, 2013; Sandberg, Bohland, & Kiran, 2015; van Hees et al., 2014; Vitali et al., 2010) and resting-state functional connectivity (Bitan et al., 2018; Duncan & Small, 2018; Gili et al., 2017). As for **task-based functional integration** studies, Sandberg et al. (2015) showed that following a semantic anomia therapy on nouns, when comparing the treated abstract nouns and untreated concrete nouns, increased integration in the left inferior frontal gyrus (IFG) and bilateral angular gyrus (AG) seem to be markers of successful treatment. Kiran et al. (2015), using dynamic causal modelling analysis, showed that following semantic feature analysis on nouns, regions including the left IFG, right IFG, and left middle frontal gyrus (MFG) were active and modulated for both picture naming and semantic feature task. On the other hand, the left superior frontal gyrus (SFG), left inferior temporal gyrus (ITG), and left fusiform gyrus were active and modulated picture naming; and right MFG, left middle temporal gyrus (MTG), and right MTG were active and modulated for semantic feature verification as a function of rehabilitation. In another study using task-based functional connectivity to identify changes following a semantic therapy on nouns, van Hees et al. (2014), using amplitude of low frequency fluctuations (ALFF), found a reduction of connectivity between left MTG and superior temporal gyrus (STG) that made PWAs' network more similar to controls after therapy and an increased connectivity between left MTG and IFG after therapy. Marcotte et al. (2013) explored the default mode network (DMN) in PWAs following a semantic feature analysis on nouns and found a significantly higher posterior DMN integration post-therapy for the PWAs. These changes were, however, not correlated with improvement. Finally, Vitali et al. (2010) studied the effects of phonological training on nouns with two case studies and showed that changes in connectivity among four left hemisphere language areas (IFG, MTG, insula, and inferior parietal lobule (IPL)) and their right hemisphere homologs, which were strengthened for trained but not untrained items. The authors also showed that changes continue at the neurofunctional level at follow-up 6 months.

For the studies using resting-state functional connectivity, Bitan et al. (2018) studied the effects of melody-based therapy in one participant. The training was applied with several sentences. Bitan et al. (2018) showed that improvements were associated with an increase in connectivity between right frontal language areas (right triangularis and right opercularis) and regions involved in speech motor control (bilateral supplementary motor area and left insula) as well as significant increase in connectivity within the right frontal language areas (right orbitalis and right opercularis) following melodic intonation therapy with one participant with traumatic brain injury (TBI). Duncan and Small (2018) showed, using independent component analysis, that language improvements on the discourse task following therapy were associated with increased time spent in a functional connectivity state characterized by its minimal correlation between any of the RSNs identified. Finally, Gili et al. (2017) studied the effects of Action Observation Therapy (AOT) using videos showing actions in ecological context or pantomimed gestures on the connected speech in ten participants. The authors used eigenvector centrality (EC) to measure significant changes in the language network recovery and found functional integration changes in right sensory-motor networks after AOT using videos presenting ecological actions but not after AOT using videos presenting pantomimed actions.

To sum up, most studies to date have measured functional integration during task-based fMRI (Kiran et al., 2015; Marcotte et al., 2013; Sandberg et al., 2015; van Hees et al., 2014; Vitali et al., 2010). Hence the functional connectivity analysis is based on fMRI task-based (naming) activation maps and most of the studies targeted ROI in the language network in the left hemisphere or the homologous regions in the right hemisphere (Bitan et al., 2018; van Hees et al., 2014; Vitali et al., 2010). However, other studies on language recovery in aphasia have shown activation outside of the core fronto-temporal language network during language processing, including the middle frontal gyrus, the precentral gyrus, and inferior parietal cortex (Richter, Miltner, & Straube, 2008; Vigneau et al., 2006). Considering the variability of therapy-induced changes, the fMRI activation map base for integration analysis can limit the interpretations that can be made following the functional connectivity analysis. Furthermore, the networks used to measure therapy-induced neurobiological changes are not always task-specific, such as the default mode network (DMN) (Marcotte et al. (2013) or do not always represent the full language networks, namely the study of Gili et al. (2017) after AOT showing the contribution of

sensorimotor networks in language recovery. Finally, all anomia therapy studies have targeted nouns (Kiran et al., 2015; Marcotte et al., 2013; Sandberg et al., 2015; van Hees et al., 2014; Vitali et al., 2010) or sentences (Bitan et al., 2018; Gili et al., 2017), using pictures naming for all the previous studies excepted the study of Gili et al. (2017) using videos.

In this study, a new therapy targeting verb anomia called Personalized Observation, Execution and Mental Imagery therapy POEM was investigated. In POEM, three sensorimotor strategies are combined to treat verb anomia, i.e. action observation on videos, gesture execution and mental imagery to facilitate verb retrieval. The use of sensorimotor strategies is based on the fact that the meaning of an action verb includes a dynamic semantic feature that an object does not require. This assumption is grounded in embodied cognition theory and implies that word meaning depends on modal experiences. Hence, when people listen to verbal description of actions or observe actions, their somatosensory, motor and premotor neuronal populations are activated as if they are presently performing the corresponding actions (Binkofski & Buccino, 2006; Fadiga, Craighero, Buccino, & Rizzolatti, 2002; Pulvermüller, 2005); for review see Fischer and Zwaan (2008); Willems and Hagoort (2007). Thus, semantic processing of a given word – noun or verb – will depend upon the sensory and motor modalities by which objects and actions corresponding to those words are learned, and how this learning impacts the functional brain networks supporting word processing (Pulvermüller, 2005, 2011; Pulvermüller, Preissl, Lutzenberger, & Birbaumer, 1996). In that assumption, the motor and language systems are not modularized but integrated to process conceptual action representation. Action semantics involves different memorial representations in a variety of modality formats (Jirak, Menz, Buccino, Borghi, & Binkofski, 2010; Marangolo et al., 2010). Regarding the therapy targeting verb retrieval and following the embodied cognition assumption, Marangolo et al. (2010); Marangolo, Cipollari, Fiori, Razzano, and Caltagirone (2012) already showed that action observation on its own can represent a useful tool for verb retrieval (Bonifazi et al., 2013; Marangolo et al., 2010). The authors applied AOT in the context of verb anomia, and all the PWA benefitted from the AOT with an improvement in treated items. However, the results were not replicated (Routhier, Bier, & Macoir, 2015) and even if the authors (Marangolo et al., 2010; Marangolo et al., 2012) hypothesized the recruitment of sensorimotor networks to support the language

recovery following AOT, no investigation was done to identify the neurofunctional substrates underlying the improvements.

In a previous work, we investigated the effects of POEM using a segregation analysis on an overt task action naming during an event-related fMRI acquisition (Durand et al., 2018). The principal results showed that, for one PWA with a relatively small lesion in the frontal region, the left and right middle temporal gyri, the right fusiform and the left cerebellum sustained the successful verb naming. These areas are known to be involved in the canonical language network. For the second PWA with a larger fronto-temporal region lesion, the successful verb naming capacity was sustained by the recruitment of the right premotor and right cerebellum, areas part of the sensorimotor network. In this study, we go a step further and want to identify neurofunctional changes in an integrative perspective allowing to unveil the merging of information flows across many systems distributed in the whole brain.

To sum up, first, some studies have demonstrated changes in functional integration following anomia treatment, but most of them have targeted ROIs involved in language networks. However, language recovery is sustained by regions involving the well-documented left perisylvian, extrasylvian areas and right hemisphere homologous-regions, and regions outside the core fronto-temporal language network including in parts the middle frontal gyrus, the precentral gyrus and inferior parietal cortex (Kiran & Thompson, 2019). There is a need to open the window of observation to identify all processes involved in language recovery. Secondly, the studies previously mentioned investigated functional integration using different methodological analysis of functional connectivity. To date, CONN toolbox allows to apply a clear and straightforward pipeline to unveil functional integration. The objective of this study is to identify the changes in the functional integration following POEM in four PWA. It is expected that there would be an increase in the functional integration within the language and sensorimotor network, within the default mode network, and an increase in integration between the three networks.

2. Methods

2.1. Participants

From 57 participants assessed, only four were enrolled (mean age = 67 years \pm 6.27; 2 women and 2 men). Of those 57 assessed persons with aphasia, fifty-three were excluded because they did not meet inclusion criteria, amongst whom most of them presented a mild verb anomia, or other neurological conditions such as multiple strokes or TBI (see details in Figure 1).

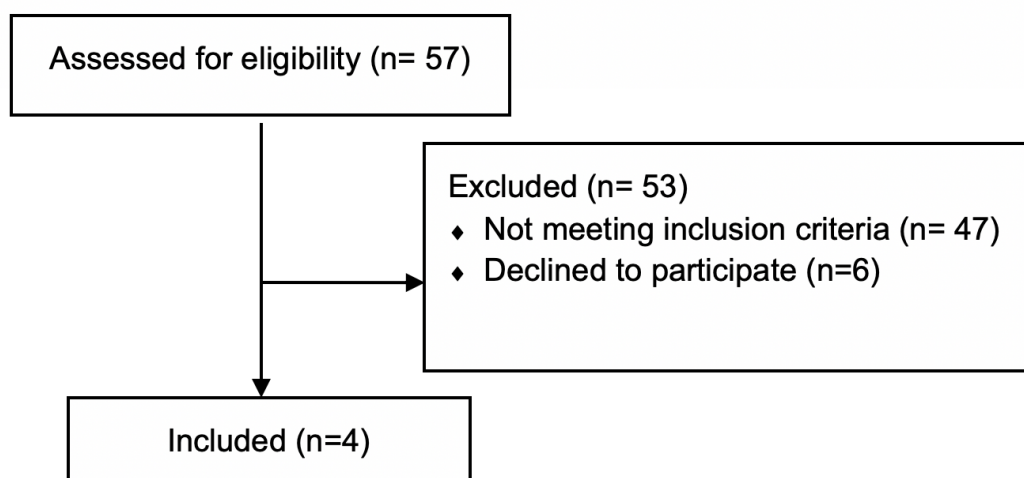


Figure 1 Flow diagram for the selection of participants with aphasia

Sociodemographic information on the PWA are presented in table 1. Aphasia severity and typology were determined by an experienced speech-language pathologist (SLP: ED). Inclusion and exclusion criteria were the same as exposed in Durand et al. (2018) i.e. for inclusion criteria : (1) a single left hemispheric stroke; (2) a diagnosis of moderate to severe aphasia, (3) the presence of verb anomia according to a standardized naming task (Hammelrath, 1999); (4) having French as their mother tongue; and (5) being right-handed prior to the stroke (Edinburgh Inventory; Oldfield (1971)). Exclusion criteria were (1) the presence of a neurological or psychiatric diagnosis other than stroke; (2) incompatibility with fMRI testing; or (3) diagnosis of mild cognitive impairment or dementia prior to stroke (Barnay et al., 2014).

Thus, all the four PWA were right-handed, native French-speakers, with a single stroke in the left hemisphere and a consecutive moderate to severe aphasia with verb anomia. PWA did not receive any other language therapy during the study. Table 1 contains sociodemographic information on the four PWA.

Four paired-wised healthy control participants (mean age = 66 years \pm 4.24; 2 women and 2 men) with no history of neurological or psychiatric disorders were recruited. For these participants, inclusion criteria were: (1) having French as their mother tongue (2) being right-handed. Exclusion criteria were (1) incompatibility with fMRI testing; or (2) diagnosis of mild cognitive impairment or dementia (Barnay et al., 2014). Table 1 contains sociodemographic information on the control participants. The control participants did not receive any language therapy, but were recruited in order to compare the potential effect of the repetition of MRI sessions. The two MRI acquisitions were spaced by five weeks, which correspond to the time of POEM administration for the PWA group.

Part.	Age	Gen der	Years of educatio n	Time post onset	Aphasia type	Aphasia severity	Lesion volume	%Verb naming	Repetit ion
VA17	65	W	18	84	Transcortical motor	3	38	68	82
VA21	72	M	8	23	Transcortical motor	4	0.8	55	94
VA30	59	M	12	56	Broca	2	110	39	70
VA33	72	W	11	408	Transcortical motor	2	132	55	85
BP0654	63	M	12		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
BP0671	66	M	8		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
BP0908	63	W	16		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
BP0928	72	W	11		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Table 1 Sociodemographic information on participants with aphasia and control subjects

All participants gave written informed consent according to the Declaration of Helsinki. This study was approved by the Ethics Committee of the Regroupement de Neuroimagerie/Québec (CMER RNQ 13-14-003).

2.2. Experimental procedure

The experimental protocol is similar to previous studies conducted in our lab (Marcotte et al., 2010; Marcotte et al., 2012; Marcotte et al., 2013) and exposed in detail in Durand and al (2018). For PWA, a baseline language assessment was conducted prior to therapy, followed by an initial fMRI session (Pre). Afterward, PWA received therapy from a trained SLP (ED). A second fMRI session (Post) was performed after five weeks of therapy. The control participants went through two MRI sessions acquisitions spaced by five weeks, corresponding to the time of POEM administration for the PWA group.

2.2.1. Language assessment

Before therapy, the participants were examined with the following tests: subtests from Montreal-Toulouse 86 Beta version (Nespoulous, Lecours, Lafond, & al., 1986) to assess global comprehension, repetition and fluency; the Test de Dénomination de Québec (TDQ) for noun naming (Macoir, Beaudoin, Bluteau, Potvin, & Wilson, 2017); the Kissing and Dancing Test (KDT) for verb comprehension (Bak & Hodges, 2003); the Dénomination de Verbes Lexicaux (DVL38) for verb naming (Hammelrath, 1999); and three subtests of the Apraxia Battery for Adults – Second Edition (Dabul, 2000) to measure the presence and severity of verbal, limb and oral apraxia and the Communication Effectiveness Index (CETI) completed by a partner of the PWA to measure the communication effectiveness (Lomas et al., 1989). These tests allow a complete description of the aphasia profile. The performances of the four PWA are shown in Table 2.

Patient ID	VA17		VA21		VA30		VA33	
Language assessment	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
MT86 Comprehension (max. 47)	46	45	36	39	35	31	32	N/A
MT86 Repetition (max. 33)	27	30	31	31	23	23	28	N/A
MT86 Fluency	11	5	5	5	5	6	15	16
TDQ (max. 60)	40	47	N/A	N/A	23	32	52	54
KDT (max. 52)	51	49	48	49	39	N/A	48	N/A
DVL38 (max. 114)	77	81	63	87	45	48	63	65
Gest. Praxies (max. 50)	50	50	50	50	41	47	38	39
Bucco-facial. Praxies (max. 50)	39	44	50	50	13	28	36	38
CETI	112,5	132,45	98,8	127,74	103,5	142,7	93,5	54,78
Verb naming scores	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Percentage Naming for trained items	35	100	45	90	25	35	35	85
Percentage Naming for untreated items	84	73	28	38	11	8	28	70

Table 2 Language performance of the four participants with aphasia

2.2.2. Language therapy with POEM

Full details of the treatment can be found in Durand et al. (2018). Briefly, a trained SLP (ED) provided the POEM therapy, which lasted for one hour and was provided three times per week, over five weeks. During each session, participants were trained to name 20 actions presented in 5-second videos. If the participant could not name the action within 5 to 10 s, the participant was asked to make the gesture associated with this action, helped by the SLP. If the participant could not name the action, the participant was asked to imagine the action in a personal context. For instance, with the action to water, the

following sequence can be produced after the action observation: the SLP says “Show me what the person is doing with your hands,” and the participant would imitate someone who is watering. If the action is still not named, the SLP says “Imagine this action in your garden.” After these prompts, the word was given to the participant, who was asked to repeat it once. Each participant received 15 sessions, with a total compliance to the treatment. For each session, the score of 1 was attributed for the correct answer (0 for any other answer).

2.2.3. Outcome measures

The outcome measure was the accuracy and response time of confrontation naming. The five-second videos for each set of treated and untreated items were merged and randomly presented. Verb naming measures were recorded at the pre- and post-assessment session. No cues or feedback were provided. Each answer was recorded online using E-Prime software (Psychology Software Tools). This software allowed to record the response time from the beginning of the video display until the correct answer, by pressing a programmed keyboard on the computer. All the verbal answers were transcribed and judged by 0 or 1 by an experienced SLP (ED).

2.3. MR Image acquisition protocol

2.3.1. Functional neuroimaging parameters

Images were acquired using a 3T MRI Siemens Trio scanner, which was updated (Prisma Fit) during our data collection, with a standard 32-channel head coil. The image sequence was a T2*-weighted pulse sequence (TR = 2200 ms; TE = 30 ms; matrix = 64 x 64 voxels; FOV = 210 mm; flip angle = 90°; slice thickness = 3 mm; acquisition = 36 slides in the axial plane with a distance factor of 25% in order to scan the whole brain, including the cerebellum). A high-resolution structural image was obtained before the two functional runs using a 3D T1-weighted imaging sequence using an MP-RAGE (TFE) sequence (TR = 2300 ms; TE = 2.98 ms; 192 slices; matrix = 256 x 256 mm; voxel size = 1 x 1 x 1 mm; FOV = 256 mm).

2.3.2. Resting-state acquisition

During the resting-state acquisition, participants lay supine on the MRI scanner bed with their head stabilized by foam. A black screen with a white point was presented. The participants were instructed to fix the point, relax and stay still and awake.

2.4. Data analysis

2.4.1. Behavioural responses

Analyses on the accuracy and response time of confrontation naming were performed with jamovi version 0.9 (Love, Dropman, & Selker, 2018). To statistically determine the effects of POEM, the scores on treated and untreated items at pre-and post-therapy were compared using a Wilcoxon signed-rank test at group level. Response time for the pre-and post-therapy assessment went unfortunately wrong. The statistical analysis was done on the response time on treated items recorded at the first and the last-therapy sessions.

2.4.2. Functional connectivity analysis

Resting-state functional connectivity analysis was conducted using the CONN-fMRI Functional Connectivity toolbox (Whitfield-Gabrieli & Nieto-Castanon, 2012). The preprocessing of resting state data was performed using SPM12 (Wellcome Department of Imaging Neuroscience, London, UK; <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm>). The preprocessing steps included slice-timing correction, realignment and coregistration with the structural acquisition, spatial normalization to the Montreal Neurological Institute (MNI) space, and resampling at $2 \times 2 \times 2$ mm³. Outliers were detected using ART (http://www.nitrc.org/projects/artifact_detect) and defined as volumes with a framewise displacement > 2 mm and 0.035 rad, or with signal intensity changes > 4 standard deviations. White matter, cerebrospinal fluid, realignment and scrubbing parameters were taken as confounders for nuisance regression, following the implemented component-based strategy (CompCor) (Behzadi, Restom, Liau, & Liu, 2007). fMRI data was band-pass filtered to 0.008 – 0.09 z, and linear detrended. As underlined in Whitfield-Gabrieli and Nieto-Castanon (2012), resting-state analysis is treated as a special case of task-specific analysis where only one condition spanning the entire scanner acquisition length is considered.

A region of interest (ROI) analysis was then conducted. Functional connectivity was estimated by computing the Fisher-transformed bivariate correlation coefficients between average time-series of a ROIs pair. We selected the 132 ROIs included in the CONN atlas (91 cortical and 15 subcortical ROIs from Harvard-Oxford Atlas, 26 cerebellar ROIs from AAL Atlas) and conducted a ROI-to-ROI analysis to create a 132×132

functional connectivity matrix. Second-level analyses were conducted for between-conditions contrast (Post versus Pre) within the two groups, and between PWA and control group. Significance threshold was set at $p < 0.05$ (false discovery rate FDR-corrected).

3. Results

3.1. Behavioural results

All the four PWA benefited from POEM, with a significant improvement in naming treated verb ($W(4) = 0$, $p = .049$) and a mean improvement of $39\% \pm 15$. Fig 3 provides a single-case longitudinal perspective of behavioural changes along therapy with POEM. Regarding the response time before therapy, correct responses were given $2.96 \text{ s} \pm 0.23$ after presentation of the video. After therapy, the mean response time was $2.09 \text{ s} \pm 0.63$. Thus, there was no difference in the response time with the four PWA included in this study ($W(4) = 9$, $p = .125$). The improvement in naming untreated items was not significant.

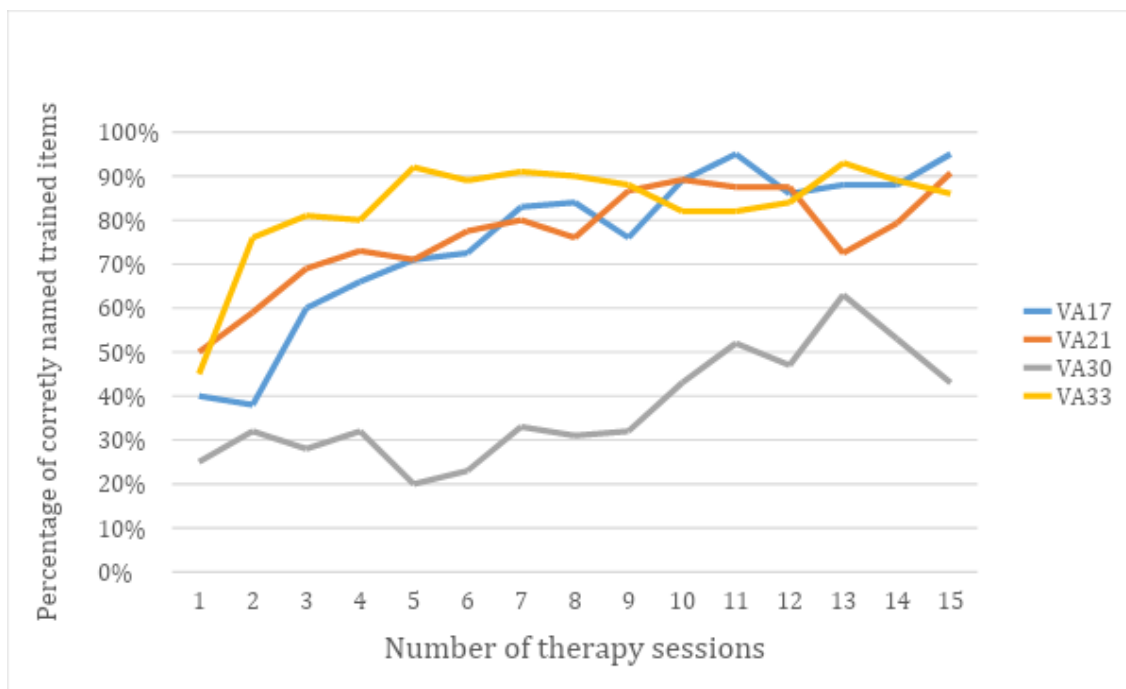


Figure 2 Single-case longitudinal perspective of behavioural changes along therapy with POEM

3.2. Neuroimaging results

3.2.1. Results within the group of PWA

A paired t-test within the PWA group and between conditions (Post >Pre-therapy) was performed. Fig.2 shows the significant changes in resting-state functional connectivity for the group of PWA and the results of the statistical analysis are presented in table 3. The integration between the left lingual gyrus and the right precentral gyrus increased significantly after POEM ($T(3)= 50.14, p=.0028$). The integration between the left superior parietal lobule and the right parahippocampal gyrus increased significantly after POEM ($T(3)= 30.56, p=.0125$). And the integration between the right cuneal cortex and the left supracalcarine cortex increased significantly after POEM ($T(3)= 26.99, p=.0182$). The integration between the left posterior supramarginal gyrus and the right lateral sensorimotor area included in the sensorimotor network decreased significantly after POEM ($T(3)= -22.71, p=.0305$).

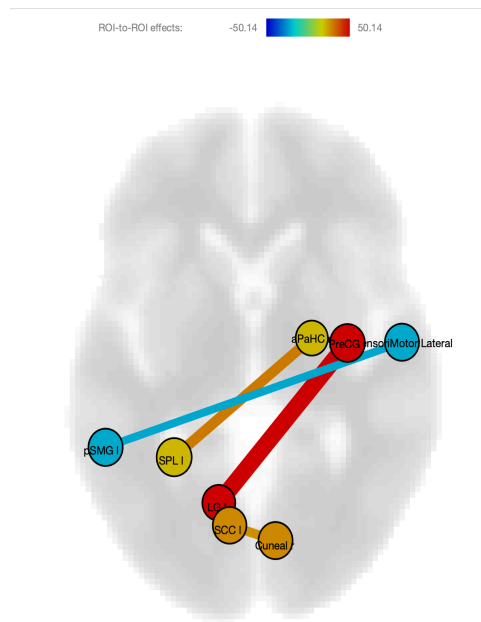


Figure 3 Significant changes in resting-state functional connectivity in the group of PWA (Post>Pre-therapy). According to the Harvard-Oxford atlas: aPaHC r = Parahippocampal Gyrus, anterior division Right; PreCG r = Precentral Gyrus Right; SensoriMotor.Lateral (R) corresponding to the MNI coordinates (56,-10,29) ; pSMG l = Supramarginal Gyrus, posterior division Left; SPL l = Superior Parietal Lobule Left; LG l = Lingual Gyrus Left; SCC l = Supracalcarine Cortex Left; Cuneal r = Cuneal Cortex Right

Analysis Unit	Statistic	p-FDR
Lingual gyrus left - precentral gyrus right	$T(3) = 50.14$	0.0028
Superior parietal lobe left – Parahippocampal gyrus right	$T(3) = 30.56$	0.0125

Cuneal cortex right – Supracalcarine cortex left	T(3) = 26.99	0.018
		2
Posterior supramarginal gyrus left - lateral sensorimotor area right included in the sensorimotor network	T(3) = 22.71	0.030
		5

Table 3 Statistical results of the paired t-test within PWA group and between conditions Post>Pre-therapy in resting-state functional connectivity (threshold at p<0.05, FDR corrected)

3.2.2. Comparison within the control group and between conditions from eight particular ROI

We performed a paired t-test in the control group from the eight ROIs previously identified as significantly correlated in the PWA group. This test was performed to estimate the resting-state functional connectivity (POST>PRE) in the control group. No significant difference was found.

3.2.3. Comparison between PWA and control participants

A 2x2 mixed ANOVA interaction was performed (between subjects and between conditions). The statistical analysis is presented in table 4.

The integration between the right inferior frontal gyrus and the left thalamus was significantly higher in the PWA group compared to the control group, in the post-fMRI session (T(3)= 50.14, p=.0028).

Analysis Unit	Statistic	p-FDR
Inferior Frontal Gyrus_right – Thalamus_left	T(6) = 8.69	0.0208

Table 4 Significant changes in resting-state functional connectivity between participants with aphasia group and paired control group (PWA > Control ; POST>PRE-therapy)

4. Discussion

The purpose of the present study was to investigate changes in the functional integration associated with an action verb retrieval therapy, called POEM, in four persons with aphasia. These four participants are part of a larger study and the detailed interpretation of the behavioural treatment outcome can be found in Durand and Ansaldo (submitted). Four matched control participants were enrolled in two spaced MRI acquisitions to control for the MRI repetition effect. All the four PWA benefited from the therapy with a significant improvement in treated verb naming following POEM. An increase in functional integration within the language network, the sensorimotor network and within the default mode network, and between the three networks was expected in the group of PWA. However, given that POEM is a multimodal therapy, the changes in

functional integration could appear in distributed neural network(s) that supports recovery. That why, we conducted a whole-brain analysis.

Two major findings will be discussed related to the significant improvement in verb naming retrieval following POEM for the PWA group: 1) the increased functional integration between the right precentral gyrus and the left lingual gyrus, between the left superior parietal lobule and the right parahippocampal gyrus, and between the left supracalcarine cortex and the right cuneal cortex, and the decreased functional integration was measured between the left posterior supramarginal gyrus and the left lateral sensorimotor area showing the involvement of language, visual and sensorimotor processing, 2) the higher integration between the right inferior frontal gyrus and the left thalamus in the group of PWA than in the group of healthy controls.

The behavioural improvement in naming of treated items was observed for the four PWA. This result is consistent with previous research on verb anomia therapies using sensorimotor strategies to facilitate verb retrieval, namely following Action Observation Therapy as demonstrated in the studies from Marangolo et al. (2010); Marangolo et al. (2012). This result is discussed in more details in Durand and Ansaldo (submitted).

The results of our study are consistent with other studies (Bitan et al., 2018; Gili et al., 2017; Sandberg et al., 2015; Vitali et al., 2010) showing that the language network in the right hemisphere is contributing to the improvements following therapy. Moreover, our results showed a higher integration between the right inferior frontal gyrus and the left thalamus in the group of PWA than in the healthy control group. This can represent an up-regulation of connectivity within language network. In a model called Memory-Unification-Control, Hagoort (2016) looked at the Inferior Frontal Cortex as the key node in semantic unification network, unifying semantic information from different modalities, whereas the temporal cortex and the angular gyrus in parietal cortex subserve the knowledge representation. Furthermore, thalamic connectivity with IFG was studied by Bohsali et al. (2015). The authors suggest that thalamic connectivity with IFG may serve to selectively recruit cortical regions storing multimodal features of lexical items and to bind them together during lexical-semantic processing (Bohsali et al., 2015). Following this hypothesis, the increased integration between the right IFG and the thalamus following POEM in our PWA group suggests that POEM could lead to a better integration in language network and more specifically in lexical-semantic processing.

This hypothesis would be related to the semantic nature of POEM, using sensorimotor strategies to facilitate action naming.

Our results also showed an increased integration within a visuo-motor network following therapy, as shown by the increase in integration between the precentral and the left lingual gyrus and between the left supracalcarine cortex and the right cuneal cortex. The precentral gyrus is the area of primary motor cortex, and the lingual gyrus, also known as the medial occipitotemporal gyrus, is a primary visual area, involved in analysis of logical order of events and encoding visual memories. These both areas, associated with left central sulcus, left extrastriate body area and the right intraparietal sulcus are part of a network processing visual and motor information from observed human actions (de C Hamilton, Wolpert, Frith, & Grafton, 2006; Tremblay & Small, 2011). Moreover, functional connectivity reveals links between lateral occipitotemporal cortex LOTC (including several regions: superior temporal cortex, angular gyrus and superior parietal lobe, the middle frontal gyrus and the dorsal portion of the precentral gyrus, as well as different portions of the IFG, including BA44 and BA45 (Lingnau & Downing, 2015). These findings show that LOTC is richly connected with areas implicated in biological motion, language, and the selection, planning, and control of movements. In a study examining the activation during action execution, imagery, and observation, Lorey et al. (2013) have shown that the primary motor cortex, premotor area, primary somatosensory area, inferior parietal and superior parietal lobe, putamen and cerebellum showed activations during the mental imagery. Rocca et al. (2017) have shown that action observation training modifies brain gray matter structure in healthy adult individuals, involving sensorimotor control areas, including the SPL, insula and SFG in the AOT group and the parahippocampal gyri, MFG, precuneus and posterior cingulum in the control group. All these regions have a specific role for motor act performance. The SPL is involved with spatial orientation and action imitation (Grezes, 1998) and gives a proprioceptive representation of the action that the individual is ready to execute (Buccino et al., 2004). The parahippocampal gyrus has a role in the encoding and recognition of environmental scenes (i.e. images of "places") (de Aguiar, Bastiaanse, & Miceli, 2016; Epstein & Kanwisher, 1998). In our results, the functional connectivity between the left superior parietal lobule and the right parahippocampal gyrus increased significantly. Following the results from Buccino et al. (2004); de Aguiar et al. (2016) and Epstein and Kanwisher (1998), our findings suggest that POEM could enhance the proprioceptive representation

of an action and the encoding and recognition in contextual scenes. Furthermore, contextualized videos could be a more effective verb-targeting therapy support, in line with Gili et al. (2017). It allows a better recruitment of a circuit involved in the action performance in an ecological context.

Our results finally showed a negative connectivity between the left posterior supramarginal gyrus and the right lateral sensorimotor area after POEM. The right lateral sensorimotor area delineated in CONN atlas corresponds to the primary cortex specifically involved in articulatory processing. The supramarginal gyrus is an area part of the somatosensory association cortex, which is involved in perception of space and limbs location. SMG may be a central structure in a neurofunctional explanation of the beneficial memory effect of performing the action with a real object as well as after pantomiming the action (Nilsson et al., 2000), called the 'enactment effect' (Di Russo et al., 2017). Moreover, this effect has been demonstrated in different populations, including the elderly (Knopf, 1992a) and patients suffering from memory problems varying in severity (Knopf, 1992b) or dementia (Karlsson et al., 1989). Zapparoli, Seghezzi, and Paulesu (2017) confirmed this point in a literature review about the neurofunctional substrates of intentional action: the supramarginal gyrus was found to be a critical node for the representation of actions and intentions to act according to previous findings. However, the SMG is also known to be involved in phonological processing a region involved in the articulatory and phonological loop (Segal & Petrides, 2012). As our analysis consisted in semi-partial correlations, a negative connectivity between left posterior supramarginal gyrus and the right lateral sensorimotor area after POEM indicates that both areas are anticorrelated. As mentioned by Fox et al. (2005), while correlations may serve an integrative role in combining neuronal activity subserving similar goals or representations, anticorrelations may serve a differentiating role segregating neuronal processes subserving opposite goals or competing representations. Following this hypothesis, the decreased integration between the left posterior supramarginal gyrus and the left lateral sensorimotor area could result from a dissociation between two processings. We could suppose that if the anticorrelation is found following the therapy, the dissociation would have been induced by POEM. Further results could lead to a better understanding of this point.

4.1. Limitations of the study

The current study is based on a small sample size with heterogeneous lesion sites and languages symptoms. A larger group of PWA will be required to identify consistent changes associated with POEM. Larger numbers of PWA would also allow an analysis of functional connectivity at network level, including the language network and sensorimotor network. Despite the small sample size, it is yet important to mention that the group of four PWA is homogeneous, with all the participants in chronic phase, presenting a moderate to severe, non-fluent aphasia after an ischemic stroke. Moreover, no other language therapy was administered during the time of our study, reducing the potential bias of another source of behavioural changes. POEM was applied following the same massed schedule for each participant with a great compliance to the therapy (15 sessions for each participant). Hence, the observed behavioural changes can be attributed to POEM.

5. Conclusion

The results of the present study are in line with other studies showing that right hemisphere regions contribute to language network recovery. Moreover, our results suggest that activations outside of the core fronto-temporal language network are contributing to the language recovery, namely the functional integration between language and visuo-motor areas. These changes support the point that the semantic nature of POEM leads to an increased integration between visuo-motor and language networks. As underlined by Kiran and Thompson (2019), it would be premature to draw strong conclusions about what studies examining resting-state networks in aphasia can explicate with the respect to the nature of reorganization in the brain. However, our findings give elements to take into account for this method to identify therapy-induced neuroplasticity changes. Considering the complexity of fMRI task in terms of movements artifacts and of the stress of a naming task in the MRI scan for participants with aphasia, our findings are in support of resting-state fMRI acquisition being suitable to map language networks in a pre/post therapy study, to provide a different perspective on therapy-induced neuroplasticity changes.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

- Bak, T. H., & Hodges, J. R. (2003). Kissing and dancing test Sydney (Australia) Neuroscience Research Australia.
- Barnay, J. L., Wauquiez, G., Bonnin-Koang, H. Y., Anquetil, C., Pérennou, D., Piscicelli, C., . . . Benaim, C. (2014). Feasibility of the cognitive assessment scale for stroke patients (casp) vs. Mmse and moca in aphasic left hemispheric stroke patients. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, 57*(6), 422-435. doi: 10.1016/j.rehab.2014.05.010
- Behzadi, Y., Restom, K., Liau, J., & Liu, T. T. (2007). A component based noise correction method (compcor) for bold and perfusion based fmri. *Neuroimage, 37*(1), 90-101. doi: 10.1016/j.neuroimage.2007.04.042
- Binkofski, F., & Buccino, G. (2006). The role of ventral premotor cortex in action execution and action understanding. *Journal of Physiology-Paris, 99*(4-6), 396. doi: 10.1016/j.jphysparis.2006.03.005
- Bitan, T., Simic, T., Saverino, C., Jones, C., Glazer, J., Collela, B., . . . Rochon, E. (2018). Changes in resting-state connectivity following melody-based therapy in a patient with aphasia. *Neural Plasticity, 2018*. doi: 10.1155/2018/6214095
- Bohsali, A. A., Triplett, W., Sudhyadhom, A., Gullett, J. M., McGregor, K., FitzGerald, D. B., . . . Crosson, B. (2015). Broca's area – thalamic connectivity. *Brain and Language, 141*, 80-88. doi: 10.1016/j.bandl.2014.12.001
- Bonifazi, S., Tomaiuolo, F., Altoè, G., Ceravolo, M., Provinciali, L., & Marangolo, P. (2013). Action observation as a useful approach for enhancing recovery of verb production: New evidence from aphasia. *European journal of physical and rehabilitation medicine*.
- Buccino, G., Lui, F., Canessa, N., Patteri, I., Lagravinese, G., Benuzzi, F., . . . Rizzolatti, G. (2004). Neural circuits involved in the recognition of actions performed by nonconspecifics: An fmri study. *Journal of Cognitive Neuroscience, 16*(1), 114-126. doi: 10.1162/089892904322755601
- Conroy, P., Sage, K., & Lambon Ralph, M. A. (2006). Towards theory-driven therapies for aphasic verb impairments: A review of current theory and practice. *Aphasiology, 20*(12), 1159-1185. doi: 10.1080/02687030600792009
- Dabul, B. L. (2000). Apraxia battery for adults - second edition: Pro-ed.
- de Aguiar, V., Bastiaanse, R., & Miceli, G. (2016). Improving production of treated and untreated verbs in aphasia: A meta-analysis. *Front Hum Neurosci, 10*, 468. doi: 10.3389/fnhum.2016.00468
- de C Hamilton, A. F., Wolpert, D. M., Frith, U., & Grafton, S. T. (2006). Where does your own action influence your perception of another person's action in the brain? *Neuroimage, 29*(2), 524-535. doi: 10.1016/j.neuroimage.2005.07.037
- Di Russo, F., Berchicci, M., Bozzacchi, C., Perri, R. L., Pitzalis, S., & Spinelli, D. (2017). Beyond the "bereitschaftspotential": Action preparation behind cognitive functions. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 78*, 57-81. doi: 10.1016/j.neubiorev.2017.04.019
- Duncan, E. S., & Small, S. L. (2018). Changes in dynamic resting state network connectivity following aphasia therapy. *Brain imaging and behavior, 12*(4), 1141-1149. doi: 10.1007/s11682-017-9771-2
- Durand, E., & Ansaldo, A. I. (submitted). Personalised observation, execution, and mental imagery therapy (poem) to improve verb retrieval in post-stroke chronic aphasia: Generalisation and maintenance effects. *Aphasiology*.

- Durand, E., Berroir, P., & Ansaldo, A. I. (2018). The neural and behavioral correlates of anomia recovery following personalized observation, execution, and mental imagery therapy: A proof of concept. *Neural Plasticity*, 2018, 12. doi: 10.1155/2018/5943759
- Epstein, R., & Kanwisher, N. (1998). A cortical representation of the local visual environment. *Nature*, 392(6676), 598-601. doi: 10.1038/33402
- Fadiga, L., Craighero, L., Buccino, G., & Rizzolatti, G. (2002). Speech listening specifically modulates the excitability of tongue muscles: A tms study. *European Journal of Neuroscience*, 15(2), 399-402. doi: 10.1046/j.0953-816x.2001.01874.x
- Fischer, M. H., & Zwaan, R. A. (2008). Embodied language: A review of the role of the motor system in language comprehension. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61(6), 825-850. doi: 10.1080/17470210701623605
- Fox, M. D., Snyder, A. Z., Vincent, J. L., Corbetta, M., Van Essen, D. C., & Raichle, M. E. (2005). The human brain is intrinsically organized into dynamic, anticorrelated functional networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(27), 9673. doi: 10.1073/pnas.0504136102
- Friston, K. J. (1994). Functional and effective connectivity in neuroimaging: A synthesis. *Human Brain Mapping*, 2(1-2), 56-78. doi: 10.1002/hbm.460020107
- Friston, K. J. (2011). Functional and effective connectivity: A review. *Brain connectivity*, 1(1), 13-36. doi: 10.1089/brain.2011.0008
- Gili, T., Fiori, V., De Pasquale, G., Sabatini, U., Caltagirone, C., & Marangolo, P. (2017). Right sensory-motor functional networks subserve action observation therapy in aphasia. *Brain imaging and behavior*, 11(5), 1397-1411. doi: 10.1007/s11682-016-9635-1
- Grezes, J. (1998). Top down effect of strategy on the perception of human biological motion: A pet investigation. *Cognitive Neuropsychology*, 15(6-8), 553-582. doi: 10.1080/026432998381023
- Hagoort, P. (2016). Chapter 28 - muc (memory, unification, control): A model on the neurobiology of language beyond single word processing. In Hickok, G. & S. L. Small (Eds.), *Neurobiology of language* (pp. 339-347). San Diego: Academic Press.
- Hammelrath, C. (1999). Dvl 38: Test de dénomination des verbes lexicaux en images: Ortho éd.
- Jirak, D., Menz, M. M., Buccino, G., Borghi, A. M., & Binkofski, F. (2010). Grasping language – a short story on embodiment. *Consciousness and Cognition*, 19(3), 711-720. doi: 10.1016/j.concog.2010.06.020
- Karlsson, T., Bäckman, L., Herlitz, A., Nilsson, L.-G., Winblad, B., & Österlind, P.-O. (1989). Memory improvement at different stages of alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, 27(5), 737-742. doi: 10.1016/0028-3932(89)90119-X
- Kiran, S., Meier, E. L., Kapse, K. J., & Glynn, P. (2015). Changes in task-based effective connectivity in language networks following rehabilitation in post-stroke patients with aphasia. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 316. doi: 10.3389/fnhum.2015.00316
- Kiran, S., & Thompson, C. K. (2019). Neuroplasticity of language networks in aphasia: Advances, updates and future challenges. *Frontiers in neurology*, 10, 295. doi: 10.3389/fneur.2019.00295
- Knopf, M. (1992a). The age decline in memory can it be eliminated? *Annals of the New York Academy of Sciences*, 673(1), 172-179. doi: 10.1111/j.1749-6632.1992.tb27450.x
- Knopf, M. (1992b). Gedächtnis für handlungen: Funktionsweise und entwicklung.

- Lam, J. M., & Wodchis, W. P. (2010). The relationship of 60 disease diagnoses and 15 conditions to preference-based health-related quality of life in ontario hospital-based long-term care residents. *Medical Care*, *48*(4), 380-387. doi: 10.1097/MLR.0b013e3181ca2647
- Le Dorze, G., & Brassard, C. (1995). A description of the consequences of aphasia on aphasic persons and their relatives and friends, based on the who model of chronic disease. *Aphasiology*, *9*(3), 239-255.
- Lingnau, A., & Downing, P. E. (2015). The lateral occipitotemporal cortex in action. *Trends in Cognitive Sciences*, *19*(5), 268-277. doi: 10.1016/j.tics.2015.03.006
- Lomas, J., Pickard, L., Bester, S., Elbard, H., Finlayson, A., Zoghaib, C. J. J. o. s., & disorders, h. (1989). The communicative effectiveness index: Development and psychometric evaluation of a functional communication measure for adult aphasia. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, *54*(1), 113-124.
- Lorey, B., Naumann, T., Pilgramm, S., Petermann, C., Bischoff, M., Zentgraf, K., . . . Munzert, J. (2013). How equivalent are the action execution, imagery, and observation of intransitive movements? Revisiting the concept of somatotopy during action simulation. *Brain and Cognition*, *81*(1), 139-150. doi: 10.1016/j.bandc.2012.09.011
- Love, J., Dropman, D., & Selker, R. (2018). Jamovi project (2018) (Version version 0.9) [computer software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>
- Macoir, J., Beaudoin, C., Bluteau, J., Potvin, O., & Wilson, M. A. (2017). Tdq-60—a color picture-naming test for adults and elderly people: Validation and normalization data. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 1-14.
- Marangolo, P., Bonifazi, S., Tomaiuolo, F., Craighero, L., Coccia, M., Altoè, G., . . . Cantagallo, A. (2010). Improving language without words: First evidence from aphasia. *Neuropsychologia*, *48*(13), 3824-3833. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.025
- Marangolo, P., Cipollari, S., Fiori, V., Razzano, C., & Caltagirone, C. (2012). Walking but not barking improves verb recovery: Implications for action observation treatment in aphasia rehabilitation. *PloS one*, *7*(6), e38610.
- Marcotte, K., Adrover-Roig, D., Damien, B., de Préaumont, M., Généreux, S., Hubert, M., & Ansaldo, A. I. (2010). *Therapy-induced adaptive plasticity in chronic aphasia: Single-case and group design perspectives* Paper presented at the International Aphasia Rehabilitation Conference, Montréal.
- Marcotte, K., Adrover-Roig, D., Damien, B., de Préaumont, M., Généreux, S., Hubert, M., & Ansaldo, A. I. (2012). Therapy-induced neuroplasticity in chronic aphasia. *Neuropsychologia*, *50*(8), 1776-1786. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2012.04.001
- Marcotte, K., Perlberg, V., Marrelec, G., Benali, H., & Ansaldo, A. I. (2013). Default-mode network functional connectivity in aphasia: Therapy-induced neuroplasticity. *Brain and Language*, *124*(1), 45-55. doi: 10.1016/j.bandl.2012.11.004
- Marrelec, G., Bellec, P., Krainik, A., Duffau, H., Péligrini-Issac, M., Lehericy, S., . . . Doyon, J. (2008). Regions, systems, and the brain: Hierarchical measures of functional integration in fmri. *Medical Image Analysis*, *12*(4), 484-496. doi: 10.1016/j.media.2008.02.002
- Mätzig, S., Druks, J., Masterson, J., & Vigliocco, G. (2009). Noun and verb differences in picture naming: Past studies and new evidence. *Cortex*, *45*(6), 738-758. doi: 10.1016/j.cortex.2008.10.003

- Nespoulous, J.-L., Lecours, A., Lafond, F., & al., e. (Eds.). (1986). *Protocole d'examen linguistique de l'aphasie montréal-toulouse (mt-86) beta version*. Isbergues: Ortho-Edition.
- Nilsson, L.-G., Nyberg, L., Klingberg, T., Åberg, C., Persson, J., & Roland, P. E. (2000). Activity in motor areas while remembering action events. *Neuroreport*, *11*(10), 2199-2201.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, *9*(1), 97-113. doi: 10.1016/0028-3932(71)90067-4
- Potagas, C., Kasselimis, D. S., & Evdokimidis, I. (2017). Elements of neurology essential for understanding the aphasias. In Papatathanasiou, I. & P. Coppens (Eds.), *Aphasia and related neurogenic communication disorders*: Jones & Bartlett learning.
- Pulvermüller, F. (2005). Brain mechanisms linking language and action. *Nat Rev Neurosci*, *6*(7), 576-582. doi: 10.1038/nrn1706
- Pulvermüller, F. (2011). Meaning and the brain: The neurosemantics of referential, interactive, and combinatorial knowledge. *Journal of Neurolinguistics*, *25*(0), 423-459. doi: 10.1016/j.jneuroling.2011.03.004
- Pulvermüller, F., Preissl, H., Lutzenberger, W., & Birbaumer, N. (1996). Brain rhythms of language: Nouns versus verbs. *European Journal of Neuroscience*, *8*(5), 937-941. doi: 10.1111/j.1460-9568.1996.tb01580.x
- Richter, M., Miltner, W. H., & Straube, T. (2008). Association between therapy outcome and right-hemispheric activation in chronic aphasia. *Brain*, *131*(5), 1391-1401.
- Rocca, M. A., Fumagalli, S., Pagani, E., Gatti, R., Riccitelli, G. C., Preziosa, P., . . . Filippi, M. (2017). Action observation training modifies brain gray matter structure in healthy adult individuals. *Brain Imaging and Behavior*, *11*(5), 1343-1352. doi: 10.1007/s11682-016-9625-3
- Rofes, A., Capasso, R., & Miceli, G. (2015). Verb production tasks in the measurement of communicative abilities in aphasia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *37*(5), 483-502. doi: 10.1080/13803395.2015.1025709
- Routhier, S., Bier, N., & Macoir, J. (2015). The contrast between cueing and/or observation in therapy for verb retrieval in post-stroke aphasia. *Journal of Communication Disorders*, *54*, 43-55.
- Sandberg, C. W., Bohland, J. W., & Kiran, S. (2015). Changes in functional connectivity related to direct training and generalization effects of a word finding treatment in chronic aphasia. *Brain and Language*, *150*, 103-116. doi: 10.1016/j.bandl.2015.09.002
- Segal, E., & Petrides, M. (2012). The anterior superior parietal lobule and its interactions with language and motor areas during writing. *European Journal of Neuroscience*, *35*(2), 309-322. doi: 10.1111/j.1460-9568.2011.07937.x
- Sporns, O. (2014). The human brain connectome : Linking brain structure and function in the human brain. In Johansen-Berg, H. & T. Behrens (Eds.), *Diffusion mri: From quantitative measurement to in vivo neuroanatomy* (Second edition ed.): Academic Press.
- Tononi, G., Edelman, G. M., & Sporns, O. (1998). Complexity and coherency: Integrating information in the brain. *Trends in cognitive sciences*, *2*(12), 474-484.
- Tremblay, P., & Small, S. L. (2011). From language comprehension to action understanding and back again. *Cerebral Cortex*, *21*(5), 1166-1177. doi: 10.1093/cercor/bhq189
- van Hees, S., McMahon, K., Angwin, A., de Zubicaray, G., Read, S., & Copland, D. A. (2014). A functional mri study of the relationship between naming treatment outcomes

- and resting state functional connectivity in post-stroke aphasia. *Human Brain Mapping*, 35(8), 3919-3931. doi: 10.1002/hbm.22448
- Varela, F., Lachaux, J.-P., Rodriguez, E., & Martinerie, J. (2001). The brainweb: Phase synchronization and large-scale integration. *Nature reviews neuroscience*, 2(4), 229. doi: 10.1038/35067550
- Vigliocco, G., Vinson, D. P., Druks, J., Barber, H., & Cappa, S. F. (2011). Nouns and verbs in the brain: A review of behavioural, electrophysiological, neuropsychological and imaging studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 35(3), 407-426. doi: 10.1016/j.neubiorev.2010.04.007
- Vigneau, M., Beaucousin, V., Herve, P.-Y., Duffau, H., Crivello, F., Houde, O., . . . Tzourio-Mazoyer, N. (2006). Meta-analyzing left hemisphere language areas: Phonology, semantics, and sentence processing. *Neuroimage*, 30(4), 1414-1432. doi: 10.1016/j.neuroimage.2005.11.002
- Vitali, P., Tettamanti, M., Abutalebi, J., Ansaldo, A.-I., Perani, D., Cappa, S., & Joanette, Y. (2010). Generalization of the effects of phonological training for anomia using structural equation modelling: A multiple single-case study. *Neurocase*, 16(2), 93-105.
- Webster, J., & Whitworth, A. (2012). Treating verbs in aphasia: Exploring the impact of therapy at the single word and sentence levels. *International Journal of Language and Communication Disorders*, 47(6), no-no. doi: 10.1111/j.1460-6984.2012.00174.x
- Whitfield-Gabrieli, S., & Nieto-Castanon, A. (2012). Conn: A functional connectivity toolbox for correlated and anticorrelated brain networks. *Brain connectivity*, 2(3), 125-141. doi: 10.1089/brain.2012.0073
- Willems, R. M., & Hagoort, P. (2007). Neural evidence for the interplay between language, gesture, and action: A review. *Brain and Language*, 101(3), 278-289. doi: 10.1016/j.bandl.2007.03.004
- Zapparoli, L., Seghezzi, S., & Paulesu, E. (2017). The what, the when, and the whether of intentional action in the brain: A meta-analytical review. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11(238), 238. doi: 10.3389/fnhum.2017.00238

**ACCORD DES COAUTEURS D'UN ARTICLE
 INCLUS DANS UN MÉMOIRE DE MAÎTRISE OU UNE THÈSE DE DOCTORAT**

Lorsqu'un étudiant n'est pas le seul auteur d'un article qu'il veut inclure dans son mémoire ou dans sa thèse, il doit obtenir l'accord de tous les coauteurs. De plus, le nom de tous les coauteurs doit apparaître dans le manuscrit pour chacun des articles. L'étudiant doit s'assurer qu'il détient les autorisations requises.

Pour toute information complémentaire, consultez le Guide de présentation et d'évaluation des mémoires et des thèses disponible sous l'option **Publications** de la section **Cheminement et encadrement** du site www.fesp.umontreal.ca.

1. Identification

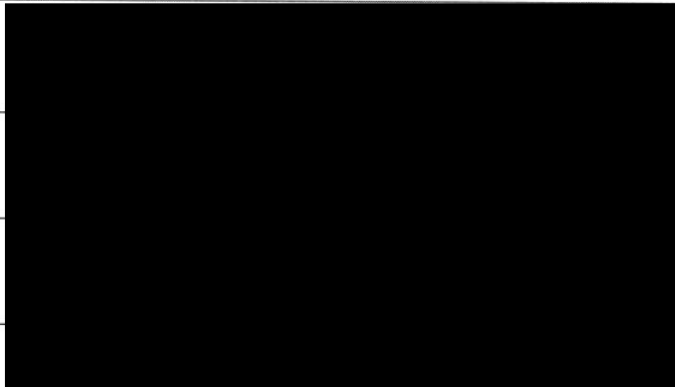
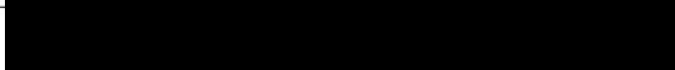
Nom DURAND	Prénom Edith	Matricule p 0 9 4 6 7 1 6
Grade Philosophiae Doctor Ph. D.	Programme 3-484-1-0	

2. Description de l'article

Auteurs Edith Durand, Anna Sontheimer, Michèle Masson-Trottier et Ana Inés Ansaldo	
Titre Changes in functional connectivity following Personalised Observation, Execution and Mental imagery therapy in chronic aphasia: Preliminary results	
État actuel de l'article	<input type="checkbox"/> publié <input type="checkbox"/> soumis pour publication <input checked="" type="checkbox"/> en préparation
Revue / journal * A déterminer	
* Si l'article est en phase finale de préparation ou a été soumis pour publication, veuillez fournir tous les détails disponibles.	

3. Déclaration de tous les coauteurs autres que l'étudiant

À titre de coauteur de l'article identifié ci-dessus, j'autorise : Edith Durand
 à inclure cet article dans son mémoire de maîtrise sa thèse de doctorat
 qui a pour titre Développement d'une nouvelle thérapie ciblant l'anomie des verbes d'action

Anna Sontheimer		9/4/19
Coauteur		Date
Michèle Masson-Trottier		07/09/2019
Coauteur	Date	
Ana Inés Ansaldo		09/09/2019
Coauteur		Date
Coauteur	Signature	Date

Chapitre 4 - Discussion

A. Rappel des objectifs et synthèse des principaux résultats

L'objectif de cette thèse est l'élaboration et la validation des effets d'une thérapie ciblant la récupération de l'anomie des verbes chez des personnes avec aphasie chronique. Cette thérapie novatrice intègre des données issues des neurosciences, tant dans son contenu avec la combinaison originale de stratégies sensorimotrices, inspirées de la théorie de la cognition incarnée, pour faciliter la dénomination de verbes d'action, que dans son application associant des principes favorisant les changements au niveau de la plasticité cérébrale. Par le biais de trois études intégrant une approche comportementale et neurofonctionnelle, les résultats obtenus sont prometteurs et apportent des données probantes quant à son efficacité. Les trois études composant ce travail sont complémentaires et à différents stades de publication. La première étude présentée dans cette thèse est ainsi soumise (Durand & Ansaldo, submitted), la deuxième est publiée (Durand, Berroir, & Ansaldo, 2018) et la troisième sera soumise d'ici octobre 2019. Nous rappellerons ici le cadre de nos travaux et quelques définitions opérationnelles avant de procéder à un résumé des principaux résultats par études et de discuter de celles-ci à la lumière d'autres travaux menés en recherche.

Pour une rapide remise en contexte, l'aphasie est un trouble du langage pouvant toucher la compréhension et la production, sur les modalités orale ou écrite. L'aphasie survient suite à une lésion neurologique venant perturber le réseau fonctionnel du langage, le plus souvent après un AVC et figure parmi les séquelles les plus invalidantes de ce dernier (Lam & Wodchis, 2010). Parmi les difficultés rencontrées, l'anomie, ou difficulté à retrouver les mots, est le symptôme le plus fréquent et persistant de l'aphasie. L'anomie, et notamment l'anomie des verbes, entrave particulièrement les capacités de communication au quotidien pour une personne présentant une aphasie (Rofes et al., 2015), car le verbe est un pivot pour la construction de la phrase. Ces difficultés sont une source de handicap important pouvant conduire la personne avec aphasie à l'isolement social, et souvent à la dépression (Baker, Worrall, Rose, & Ryan, 2019; Le Dorze & Brassard, 1995).

Il est important de pouvoir accompagner les personnes avec aphasie et souffrant d'anomie à l'aide d'interventions efficaces en orthophonie. L'efficacité d'une intervention est primordiale selon deux points de vue : en regard de la personne avec aphasie, pour diminuer les potentielles situations de handicap langagier et en regard de la situation de services en orthophonie. En effet, au Québec, comme en France, les services en orthophonie peuvent s'avérer restreints suite au parcours d'hospitalisation et au retour à domicile. Les orthophonistes sont confrontés à un niveau de demande supérieur aux services pouvant être offerts. Délivrer des thérapies efficaces permettrait d'optimiser la durée des prises en charge pour répondre plus rapidement aux besoins de la population. En considérant à la fois les besoins individuels importants de personnes avec aphasie, mais aussi les capacités de services en orthophonie, il apparaît donc essentiel de cibler en recherche des interventions efficaces.

L'efficacité d'une thérapie en orthophonie, telle que définie par Robey (2004), est démontrée quand les effets de la thérapie sont significativement supérieurs à une condition contrôle, par exemple en comparaison avec une autre thérapie. Un tel résultat n'est possible qu'en validant d'autres étapes au préalable. Ainsi, les effets doivent d'abord être évalués sur les items travaillés en séance, mais la thérapie sera considérée comme optimale lorsque des effets sur les items non entraînés en séance seront retrouvés (généralisation). Ce dernier effet est primordial, car il témoigne de l'acquisition et de l'application des stratégies travaillées en séance. Cet effet de généralisation constitue un objectif clé recherché par les cliniciens (Coppens & Patterson, 2018; C. K. Thompson, 2006; Janet Webster et al., 2015). Par ailleurs, dans les mesures d'une thérapie, il est important que les effets puissent être durables (Beeson & Robey, 2006). Des mesures sont donc à réaliser à distance de la thérapie pour mesurer le maintien des effets de la thérapie.

La thérapie développée dans le cadre de cette thèse est appelée *Personalised Observation Execution and Mental Imagery* (POEM). Elle cible la récupération de la capacité à dénommer des verbes, et plus précisément des verbes d'action. Elle a été élaborée en prenant en considération les données probantes issues de la recherche. En effet, quelques études ciblant l'anomie des verbes ont utilisé la stratégie de l'utilisation du geste ou de l'observation de l'action pour faciliter la dénomination des verbes d'action. Ces études avaient retrouvé des améliorations sur les verbes entraînés observés pour les

participants avec aphasie, par exemple Carragher et al. (2013) ou Marangolo et al. (2010); Marangolo et al. (2012). Cependant, la généralisation sur les verbes non entraînés était soit non mesurée, soit unique (Carragher et al., 2013) et non répliquée (Boo & Rose, 2010). L'utilisation de stratégies sensorimotrices était cependant intéressante et peut s'inscrire dans un cadre théorique prenant de plus en plus d'ampleur dans le domaine des sciences de la communication humaine, à savoir, la théorie de la cognition incarnée (F. Varela, Thompson, & Rosch, 1993 ; Versace et al., 2018). Selon cette théorie, le traitement sémantique de mots s'appuie sur les expériences sensorielles et motrices. En ce qui concerne spécifiquement les verbes d'action, le traitement sémantique de l'action serait directement dépendant des aspects moteurs, ce qui est mis de l'avant dans le domaine de la neuroimagerie fonctionnelle du langage. Plus précisément, il a pu être montré chez le sujet sain que le traitement des verbes implique les aires motrices et prémotrices (Pulvermuller, 2018; Tremblay & Small, 2011).

L'ensemble des travaux menés dans cette thèse a alors permis le développement d'une thérapie originale, ayant ses assises dans un cadre théorique nouveau dans le domaine de neurosciences de la réadaptation, qui a été validée du point de vue de ses effets positifs au niveau comportemental. Les travaux menés dans cette thèse sont les premiers à aborder la conception d'une thérapie orthophonique pour l'anomie des verbes avec un fondement se retrouvant dans la théorie de la cognition incarnée, et ce, autant du point de vue comportemental que neurofonctionnel. Les travaux ont en effet permis une première exploration des substrats neurofonctionnels associés aux améliorations comportementales induites par POEM, en s'appuyant sur les méthodes les plus novatrices dans le domaine de la neuroimagerie fonctionnelle, incluant notamment les études de connectivité fonctionnelle, très rares dans le domaine de l'aphasiologie et inexistantes jusqu'à présent dans le domaine des interventions axées sur des données probantes visant la récupération de l'anomie des verbes.

Dans la première étude, l'objectif était de concevoir un prototype de POEM, à partir du rationnel découlant de la théorie de la cognition incarnée, de créer le protocole de ladite thérapie afin de la rendre reproductible, et de mesurer les effets comportementaux de la thérapie auprès de personnes atteintes d'aphasie chronique et présentant une anomie des verbes modérée à sévère. Le stade chronique de l'aphasie a été ciblé pour s'assurer que les améliorations observées étaient imputables à la thérapie, et non à la récupération

spontanée observable durant la première année suivant l'AVC. De plus, chaque participant ne devait suivre aucune autre thérapie durant le temps de l'étude afin de s'assurer de la spécificité de l'effet de la thérapie. Le niveau d'anomie modéré à sévère a été privilégié pour mesurer la portée clinique de POEM pour des personnes ayant un déficit marqué. Cet ensemble de conditions observées a conduit à l'élaboration de POEM, une thérapie caractérisée par une stimulation multimodale et spécifique en même temps. Ainsi, POEM propose des stratégies appuyées sur des dimensions visuelle, sensorimotrice et d'imagerie mentale, dont l'intégration est connue pour favoriser la représentation mentale d'une action (Kemmerer, 2015; Pulvermuller, 2018; Rueschemeyer, Ekman, van Ackeren, & Kilner, 2014; Tremblay & Small, 2011). De plus, et en lien avec la valeur ajoutée de la personnalisation des stimuli, telle que décrite par Cherney et al. (2015), POEM peut être considérée comme une thérapie personnalisée (Leora R Cherney, Kaye, Lee, & Van Vuuren, 2015). En effet, un ensemble de verbes à entraîner a été sélectionné pour chacun des participants en fonction des verbes échoués lors de la mesure de la ligne de base. POEM permet ainsi l'application d'une combinaison multimodale structurée d'indices perceptifs, moteurs et de l'imagerie mentale dans le but de faciliter la dénomination de l'action. De plus, POEM est appliquée de façon intensive, avec notamment une répétition fréquente et intensive d'un nombre restreint d'items et ce, durant une période de temps déterminée, suivant les PNDE. L'importance de la stimulation intensive a été démontrée dans des travaux précédents de notre équipe (Marcotte et al., 2012; Marcotte et al., 2013) et chez d'autres auteurs (Bhogal et al., 2003 ; Brady, Kelly, Godwin, & Enderby, 2012; Off, Griffin, Spencer, & Rogers, 2016). Les résultats de cette première étude montrent que POEM permet une amélioration de la capacité de dénomination des items traités. De plus, un effet de généralisation aux items non traités est retrouvé chez huit des 10 participants. Un tel effet de généralisation n'avait jusqu'à ce jour jamais été rapporté dans les études comportementales sur les thérapies de l'anomie des verbes utilisant des stratégies sensorimotrices. Il témoigne d'une acquisition des stratégies pour le traitement de verbes non travaillés en séance. Enfin, les effets perdurent au moins 6 mois après l'administration de POEM. Ce maintien des effets auprès des 10 participants n'avait, là aussi, jamais été rapporté auparavant dans les études comportementales. Ces résultats permettent donc de valider notre première hypothèse.

L'objectif de la deuxième étude était l'identification des substrats neurofonctionnels associés à une récupération de la capacité à dénommer les verbes d'action suite à l'administration de POEM. Cette étude pilote auprès de deux participants avec aphasie chronique et présentant une anomie des verbes modérée à sévère a permis une validation préliminaire des effets de neuroplasticité induite par POEM. L'hypothèse avancée voulait que – en lien avec la nature multimodale de POEM incluant l'observation de l'action, l'exécution du geste et l'imagerie mentale - un recrutement d'aires appartenant au réseau du langage et au réseau sensorimoteur soit observé chez les deux participants. Les principaux résultats de cette étude ont montré que la récupération de la capacité à nommer des verbes après POEM était en effet soutenue par l'activation significative d'aires connues pour leur rôle dans le traitement du langage et le traitement sensorimoteur. Cette observation a été constatée, malgré des profils de récupération distincts variant en fonction du volume lésionnel chez les deux participants. Les résultats obtenus dans cette étude pilote permettent une validation de notre deuxième hypothèse.

Dans la troisième étude, l'objectif était l'exploration des effets de l'administration de POEM auprès de personnes avec aphasie chronique et présentant une anomie modérée à sévère, au niveau de l'intégration cérébrale, à savoir la mesure de l'activité synchrone entre des aires cérébrales distribuées dans tout le cerveau et constitutives de réseaux fonctionnels. Nous avons émis l'hypothèse que POEM permettrait une amélioration de l'intégration dans le réseau du langage résiduel, dans le réseau sensorimoteur et dans le réseau par défaut. Les principaux résultats de cette étude préliminaire auprès de quatre participants issus du même groupe d'étude que précédemment ont montré une amélioration de l'intégration entre certaines aires cérébrales impliquées dans l'observation de l'action, l'exécution du geste et l'imagerie mentale, permettant de penser que la nature de POEM a un impact au niveau fonctionnel cérébral. Les résultats obtenus dans cette étude pilote ne permettent cependant pas de valider l'hypothèse posée sur une amélioration de l'intégration dans et entre les réseaux langagier, moteur ou par défaut. Le nombre de participants est certainement trop restreint pour permettre ce type d'analyses. Toutefois, les résultats préliminaires trouvés auprès de quatre participants apportent des éléments en faveur d'une intégration de réseaux de traitement visuomoteur et sensorimoteur, en lien avec les théories de la cognition incarnée.

À la lumière de l'ensemble de nos résultats comportementaux et neurofonctionnels observés dans les trois études, les sections suivantes vont tenter de les confronter à certains travaux ayant rapporté des observations similaires ou contraires. Nous dégagerons ainsi de potentielles pistes de réflexion sur la nature des thérapies ciblant l'anomie des verbes dans un contexte d'interprétation empreint de la conception des connaissances sémantiques proposée dans les théories de la cognition incarnée. Toutefois, avant de détailler des résultats, il est important de mentionner les contraintes afin de mieux mettre en perspective les résultats obtenus.

B. Les défis et réalisations de la thèse

I. Le recrutement des participants

Parmi les défis rencontrés à travers les différentes études, le recrutement a été le plus important. En effet, nous souhaitions recruter des participants en respectant les critères d'éligibilité déterminés et exposés dans la partie méthodologie. Suivant le plan d'études de l'efficacité d'une thérapie définie par Robey (2004), la phase I cible l'identification de la présence d'effets et l'estimation de leur magnitude auprès d'un groupe homogène de personnes. Nous avons ciblé les personnes avec aphasie chronique (>1 an post-AVC) pour nous assurer que les changements potentiellement induits par la thérapie étaient indépendants de la récupération spontanée observable dans les phases aiguës et subaiguës. Par ailleurs, nous avons sélectionné des personnes droitères avant l'AVC, car les droitiers représentent la grande majorité de la population neurotypique. De plus, les personnes sélectionnées devaient n'avoir subi qu'une seule lésion dans l'hémisphère gauche. En effet, la récupération après lésions multiples est établie sur des mécanismes difficiles à isoler. Enfin, les participants ne devaient pas présenter d'apraxie de la parole trop sévère afin d'éviter un possible biais d'interprétation des résultats.

Le partenariat déjà existant entre le laboratoire et le RAPAQ devait permettre de rencontrer un maximum de personnes avec aphasie. Cependant, sur la cinquantaine de personnes avec aphasie évaluées, seulement 10 personnes ont été recrutées pour l'étude comportementale dont quatre personnes ont pu participer à l'examen en IRM. Les éléments ayant conduit à l'exclusion ont principalement été la présence d'une anomie légère, la présence attestée d'AVC multiples et la présence d'une apraxie de la parole sévère, tel que présenté dans la Figure 15. Ce faible taux de recrutement obtenu après

plus d'une année entière de recrutement actif nous a orienté vers deux solutions pour réaliser le projet : l'augmentation du réseau de contacts et le passage de notre projet vers un recrutement multicentrique au niveau éthique, suivi d'une présentation aux centres partenaires. Ces deux solutions ont exigé du temps pour leur mise en œuvre. La réorganisation en projet multicentrique a mobilisé un temps cumulé de sept mois entre le dépôt à l'éthique et la présentation du projet aux orthophonistes des établissements partenaires. Ce coût temporel considérable n'aura permis de rencontrer que quelques personnes supplémentaires avec aphasie qui n'ont pas pu être incluses dans les études comportementales et d'IRM (portant le total de personnes rencontrées à 57). Cependant, ces actions ont offert des opportunités de diffusion et de vulgarisation. Ainsi, notre projet de recherche a été présenté aux réunions annuelles du RAPAQ permettant de rejoindre et d'échanger avec les responsables des associations de personnes avec aphasie provenant de partout au Québec (bénévoles, proches aidants et personnes avec aphasie). Ces échanges sont essentiels pour la consolidation du partenariat avec le RAPAQ en plus d'offrir une fenêtre pour la vulgarisation scientifique. Par ailleurs, les rencontres avec les orthophonistes des différents sites (Villa Medica, Institut de réadaptation Gingras-Lindsay, Institut de réadaptation Lucie Bruneau et l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal) ont permis de faire un lien concret entre la recherche et la clinique en plus d'apporter une actualisation sur les connaissances actuelles en thérapie ciblant l'anomie et le lien entre les thérapies en orthophonie et la plasticité cérébrale.

Tel que mentionné par Mätzig et al. (2009), nous nous attendions à trouver un nombre important de personnes présentant une anomie des verbes, ce qui n'a pas été le cas. Deux hypothèses sont alors possibles, non exclusives l'une de l'autre : une récupération dans le stade chronique aidée par la participation aux associations et un biais de recrutement. En effet, les personnes que nous avons évaluées pour notre étude faisaient partie d'associations de personnes avec aphasie. Tel que le mentionnent Zumbansen et al. (2017), les activités sociales offertes au sein des associations sont de nature à aider les bénéficiaires dans leurs capacités langagières, pouvant menant à une anomie moindre. Heureusement pour ces personnes avec aphasie, elles bénéficient d'activités stimulantes au sein des associations qui effectuent un travail excellent. Cependant, notre recrutement ayant lieu dans ce milieu, certaines personnes avec des anomies plus sévères ont peut-être échappé à notre recrutement.

Par ailleurs, les récurrences dans les cas d'AVC concernent de 7 à 13% des personnes dans la première année après un premier AVC, 26% dans les cinq ans post-AVC et atteint presque 40% des personnes dans les 10 ans post-AVC (Béjot, Bailly, Durier, & Giroud, 2016; Mohan et al., 2011). Pour les besoins de cette première phase d'étude selon Robey (2004), nous avons privilégié les personnes ayant subi un seul AVC. Étant donné les améliorations notées dans cette phase, l'extension à d'autres populations pourrait être réalisée dans les phases ultérieures (phase IV et V d'étude).

Enfin, l'apraxie de la parole est un trouble accompagnant fréquemment les aphasies, notamment suite à des lésions touchant le cortex moteur et sensorimoteur (Basilakos, Rorden, Bonilha, Moser, & Fridriksson, 2015). Dans ces cas, il s'avérerait préférable d'intervenir d'abord sur l'apraxie de la parole avec une thérapie de type articulo-kinématique ou de type rythmique démontrés comme étant efficaces (Ballard et al., 2015), avant d'envisager une intervention avec POEM.

II. La passation d'un examen en IRM pour les personnes avec aphasie

Une seconde difficulté importante a porté sur la passation d'un examen en IRM. Tel que mentionné dans la partie méthodologie, les critères d'inclusion pour un examen d'IRM sont très rigoureux et nous conduisent à exclure de nombreuses personnes. Toutefois, même au-delà de ce constat, une passation en IRM s'avère stressante. Afin de limiter ce stress, nous avons mis en place le livret de passation permettant d'explicitier chaque phase de l'examen présenté en annexe 3, certaines illustrations chronologiques étaient d'ailleurs diffusées sur l'écran lors de l'acquisition pour constituer un repère pour les participants. D'autre part, la passation d'une simulation de l'examen en IRM était effectuée de sorte à diminuer le potentiel stress.

Malgré ces préparatifs et précautions, les personnes avec aphasie pouvaient être stressées notamment lors de la tâche de dénomination en IRMf. Par conséquent, le nombre de bonnes réponses a pu être inférieur au taux attendu de dénomination et ainsi rendre les analyses statistiques impossibles. Cela est arrivé pour certains de nos participants. Cet inconvénient est balancé par les résultats obtenus en IRMf de repos. À notre sens, cette méthode d'acquisition semble bien plus adaptée pour la population avec

aphasie, pour peu que le nombre de participants soit suffisant pour démontrer des effets plus généralisables.

Enfin, certaines contraintes physiques sont également apparues : la première relative à la condition de l'hémiplégie ou hémiparésie associée à l'aphasie, limitant leurs mobilités. Cette réalité est à bien anticiper avec les technologues en imagerie pour prévoir des fauteuils et des aides au transfert sur le lit. Enfin, la taille de l'antenne prévue pour la tête est relativement petite. Un participant qui présentait l'ensemble des critères d'éligibilité n'a pu être scanné en raison des dimensions de sa tête dépassant le diamètre prévu de l'antenne.

Nos défis rencontrés lors des acquisitions IRM et la multiplicité des tâches administratives associées aux acquisitions à l'UNF étaient communes à l'ensemble des étudiants- et chercheurs-utilisateurs. Devant ce besoin de clarifier les procédures, nous avons développé, en collaboration avec Michèle Masson-Trottier, un document rassemblant les informations relatives à toutes les étapes d'acquisition à l'UNF. Ce document a été élaboré en collaboration avec le personnel ainsi que la direction de l'UNF. Ce document est maintenant disponible en ligne, en français et en anglais, dans un format permettant une mise à jour afin d'en assurer la pérennité.

III. Le rehaussement du matériel d'IRM

Par ailleurs, durant notre période de recrutement, un rehaussement de l'IRM de recherche du CRIUGM a été annoncé. Le temps des travaux de rehaussement ayant eu lieu en décembre 2016, il a fallu différer nos possibles acquisitions de données neurofonctionnelles, occasionnant un retard dans l'avancée de notre travail doctoral.

IV. L'adhésion thérapeutique

Pour terminer, l'adhésion thérapeutique désigne l'ensemble des conditions (motivation, acceptation, information...) qui permettent l'adéquation entre le comportement d'une personne et le traitement proposé (Debout, 2012). Cependant, certaines données de littérature ont pu montrer qu'une thérapie administrée de façon intensive pouvait conduire au retrait des participants (Brady et al., 2012; J. Dignam et al., 2015; J. K. Dignam et al., 2016). Ainsi, le caractère intensif de POEM a probablement découragé certaines personnes de participer au projet.

L'adhésion thérapeutique doit tenir compte des différentes conditions présentées par les personnes présentant une pathologie. Dans le cadre de l'aphasie chronique, comme mentionné supra, les personnes présentent bien souvent une hémiparésie ou hémiparésie associée, limitant leurs mobilités. Afin de favoriser une meilleure adhésion thérapeutique, nous avons mis en place des solutions facilitant le déplacement des participants. Ainsi, nous avons utilisé des locaux internes aux associations ou, le plus souvent, nous nous sommes déplacés au domicile de chaque participant. Cette donnée a eu des répercussions financières et elle est donc à considérer au préalable d'un projet de recherche avec des personnes avec aphasie.

C. Pistes explicatives des résultats obtenus

Nous nous attacherons dans cette partie à déterminer les facteurs inclus dans POEM qui ont pu conduire aux améliorations observées au niveau comportemental. En comparaison à d'autres thérapies, POEM se distingue par l'intégration des PNDE et plus précisément : l'utilisation d'un comportement pour l'améliorer, orienté de façon spécifique et travaillé de façon intensive et personnalisée.

I. Utiliser la dénomination pour l'améliorer

Selon le premier PNDE, l'utilisation d'un comportement favorise son amélioration (Kleim & Jones, 2008). Il s'avère donc important d'utiliser la dénomination pour améliorer la dénomination. En ciblant ce comportement, il est attendu que des changements neurofonctionnels soutenant cette amélioration opèrent. Les thérapies ciblant l'anomie des verbes utilisent toutes un comportement de dénomination de verbes pour améliorer cette dénomination. D'ailleurs, la plupart des études incluses dans la revue de la littérature ayant utilisé des approches sémantiques ou phonologiques pour faciliter la dénomination des verbes avaient conduit à des améliorations sur les verbes entraînés (Faroqi-Shah & Graham, 2011; Mauszycki, Wambaugh, & Cameron, 2006; A. M. Raymer et al., 2007; Wambaugh et al., 2004; Wambaugh et al., 2002; Wambaugh & Ferguson, 2007; Wambaugh et al., 2001). Les résultats obtenus dans l'étude 1 sont cohérents avec ces données.

Cependant, certaines de ces études n'avaient pas retrouvé d'améliorations sur les verbes entraînés (Faroqi-Shah & Graham, 2011; Wambaugh et al., 2004). La raison évoquée par les auteurs de ces études était le déficit sémantique existant chez les participants avec

aphasie (Faroqi-Shah & Graham, 2011; Wambaugh & Ferguson, 2007). Le déficit sémantique avait en outre été retrouvé comme un facteur limitant de l'application des thérapies portant sur les verbes dans la méta-analyse réalisée par de Aguiar et al. (2016). En effet, selon le modèle RAI de Goldrick and Rapp (2002), les représentations sémantiques se situent dans les étapes préalables de production de mot. Un déficit sémantique à ce niveau peut avoir des répercussions sur l'ensemble de la production, limitant la cascade d'activation sollicitée par des thérapies sémantiques ou phonologiques. Un déficit sémantique identifié préalablement à la thérapie constituerait alors un facteur limitant ne permettant pas aux personnes atteintes de bénéficier des stratégies sémantiques. Sachant cette limite observée, les connaissances sémantiques portant sur les actions ont été évaluées avant l'administration de la thérapie dans notre étude, notamment avec le *Kissing and Dancing Test* (Thomas H Bak & Hodges, 2003) et le sous-test de compréhension du MT-86 (Béland & Lecours, 1990). Les connaissances sémantiques préservées pour les participants à notre étude ont certainement pu concourir à une meilleure acquisition des stratégies sensorimotrices proposées avec POEM.

Par ailleurs, ces mêmes études n'avaient montré aucun effet de généralisation aux items non entraînés. Or, les thérapies utilisées dans ces études utilisaient des indices sémantiques incluant des traits syntaxique ou intentionnel ou moteur pour faciliter la récupération du verbe d'action. Pour exemple, la thérapie sémantique ACS réalisée par Wambaugh et al. (2007) propose des indices syntaxiques (« qui fait cette action ? ») ou intentionnels (« pourquoi cela se passe ? ») ou descriptifs (« avec quelle partie du corps est faite cette action ? ») . Mais ces thérapies ne ciblent pas explicitement l'aspect dynamique des verbes d'action.

II. La spécificité pour cibler la reconstruction des réseaux neurofonctionnels

Selon le troisième PNDE, la spécificité d'un traitement favorise la reconfiguration des réseaux ciblés (Kleim & Jones, 2008). Ainsi, la connaissance des réseaux impliqués dans la dénomination de l'action permet l'élaboration de thérapies ciblées sur le déficit. Or, le traitement sémantique des verbes d'action implique un large réseau distribué incluant les aires motrices, prémotrices ainsi que les aires pariétales et temporales (Binder et al., 2009; Kemmerer, 2015; Kemmerer, Castillo, Talavage, Patterson, & Wiley, 2008; Tranel,

Kemmerer, Adolphs, Damasio, & Damasio, 2003). En respectant le PNDE de spécificité, les thérapies sémantiques devraient donc intégrer des éléments susceptibles de favoriser le recrutement de ces aires, qui sont reliées à l'aspect dynamique des actions. L'intégration de l'aspect dynamique avait été initiée avec les thérapies utilisant les stratégies sensorimotrices, pour les unes avec l'exécution du geste associé à l'action et pour les autres avec l'observation de l'action.

Ainsi, suite à une thérapie utilisant d'exécution du geste, A. M. Raymer et al. (2006) avaient aussi trouvé une amélioration sur les verbes entraînés pour cinq des neuf participants, de même que Rodriguez et al. (2006) avaient constaté une amélioration sur les verbes entraînés pour un des quatre participants après administration d'une thérapie sémantique et phonologique et d'une thérapie utilisant l'exécution du geste. Les améliorations observées dans notre étude 1 rejoignent ces résultats. L'inclusion de l'exécution de gestes, point commun entre les trois études, apparaît comme une stratégie facilitatrice de la dénomination de verbes. Les gestes favoriseraient l'activation de caractéristiques sémantiques qui déclenchent l'activation de la représentation lexicale du mot cible (Morsella & Krauss, 2004). Ce résultat est en accord avec la théorie de la cognition incarnée et située qui fait valoir le rôle de régions sensorimotrices dans l'exécution motrice d'actions et dans le traitement du verbe d'action (Pulvermuller, 2018; Pulvermüller, 2012). Par contre, cette amélioration n'est pas généralisée aux items non entraînés.

Par ailleurs, Marangolo et al. (2010); Marangolo et al. (2012) ont montré une amélioration de la production de verbes d'action chez des personnes aphasiques suite à l'application d'une thérapie utilisant l'observation de l'action uniquement. Les améliorations observées dans notre étude 1 rejoignent aussi ces résultats. Nous avons utilisé à l'instar des études de Marangolo et al. (2010); Marangolo et al. (2012) l'observation de l'action comme stratégie facilitatrice de la dénomination de verbes. L'observation de l'action favoriserait également l'activation de caractéristiques sémantiques qui déclenchent l'activation de la représentation lexicale du mot cible. Ce résultat est en accord avec la théorie de la cognition incarnée et située. Un ensemble d'études ont de plus montré l'activation des aires motrices et prémotrices lors de l'observation de l'action (Buccino et al., 2001; Caspers et al., 2010; Cochin, Barthelemy, Roux, & Martineau, 2008; Grezes & Decety, 2001 ; Tremblay & Small, 2011), démontrant

le potentiel de réactivation des aires motrices via l'observation de l'action qui aiderait à la dénomination des verbes d'action. Par contre, les résultats trouvés par Marangolo n'ont pas été répliqués (Routhier et al., 2015). De plus, comme pour les études avec thérapies utilisant l'exécution des gestes, l'amélioration n'est pas généralisée aux items non entraînés.

L'apport principal de l'étude 1 est l'effet de généralisation retrouvé chez huit des dix participants. Comme souligné dans la méta-analyse conduite par de Aguiar et al. (2016), la généralisation aux items non entraînés est rare, puisqu'elle est observée chez seulement 14,5% des 142 cas recensés dans leur étude. Cet effet de généralisation est pourtant le reflet de l'acquisition des stratégies en vue de traiter les verbes d'action. À notre connaissance, il s'agit de la première étude à rapporter une généralisation à huit participants atteints d'aphasie, à la suite d'une thérapie d'extraction de verbes utilisant des stratégies sensorimotrices représentant le groupe le plus important de participants présentant une aphasie montrant une généralisation à des verbes non traités.

Ce résultat est en lien avec les résultats précédemment rapportés de Carragher et al. (2013). Les auteurs ont trouvé une généralisation des verbes non entraînés pour cinq participants sur les neuf participants, à la suite d'une thérapie combinant la production de gestes et des indices sémantiques et phonologiques (Carragher et al., 2013). Cette donnée est importante, car l'effet de généralisation sur les items non entraînés est le reflet de l'apprentissage des stratégies. Nickels (2002), dans une revue de la littérature sur le traitement de l'anomie, a indiqué qu'après une thérapie visant l'apprentissage de stratégies, la généralisation sur les verbes non entraînés a été retrouvée chez 60% des aphasiques. Les résultats de Carragher et al. (2013) sont obtenus suite à une combinaison d'indices sémantiques et sensorimoteurs avec l'exécution de gestes. Or, cette combinaison utilisée dans les études de Boo and Rose (2010) et de M. Rose and Susmilch (2008) n'avait pas abouti à la généralisation des verbes non entraînés. L'hypothèse que l'on pourrait émettre ici est le dosage de thérapie qui était plus intensif dans la thérapie de Carragher et al. (2013) en comparaison à celui appliqué dans les études de Boo and Rose (2010) et de M. Rose and Susmilch (2008). Nous discuterons de ce point dans la prochaine section C.

L'absence de généralisation est également constatée suite aux thérapies avec observation de l'action dans l'étude de Marangolo et al. (2010) ou encore auprès de deux participants

souffrant d'aphasie chronique souffrant d'anomalie du verbe modérée à sévère (Routhier et al., 2015).

En résumé, les stratégies sensorimotrices appliquées par Carragher et al. (2013), Marangolo et al. (2010) et Routhier et al. (2015) ont utilisé un seul type de stratégie sensorimotrice - le geste ou l'observation de l'action associée à la dénomination du verbe et n'ont pas conduit à l'amélioration des verbes non traités.

L'administration d'une combinaison originale de signaux sensorimoteurs - observation de l'action, du geste et de l'imagerie mentale - intégrés dans POEM a conduit à une généralisation aux verbes non traités. La combinaison de stratégies sensorimotrices pourrait avoir contribué à cette généralisation. Selon les modèles cognitifs de dénomination des mots, une combinaison d'indices sémantiques pourrait augmenter l'activation au niveau sémantique et faciliter le passage aux niveaux lexical et phonologique pour aboutir à la production du verbe (Goldrick & Rapp, 2002; Levelt, 1989). La combinaison des indices sensorimoteurs de la thérapie POEM exploite les caractéristiques sémantiques spécifiques des verbes d'action. Cette particularité de POEM peut aussi être liée au principe de spécificité de la neuroplasticité dépendante de l'expérience (Kiran & Thompson, 2019; Kleim & Jones, 2008), car la connaissance des substrats neurofonctionnels du traitement des verbes d'action permet de cibler les stratégies utilisées pour faciliter la dénomination de verbes.

La thérapie POEM se différencie de l'ensemble des études antérieures sur les thérapies ciblant l'anomie des verbes, car elle propose la combinaison inédite de trois stratégies sensorimotrices. Ces stratégies ont été basées sur les données cliniques issues des recherches précédentes, mais aussi sur les données neurofonctionnelles.

Jusqu'à présent, peu d'études sur les thérapies ciblant l'anomie des verbes et utilisant des stratégies sensorimotrices avaient donné lieu à des explorations neurofonctionnelles. L'étude de Parkinson et al. (2009) avait cherché à identifier les liens entre l'amélioration observée à une thérapie, notamment une thérapie utilisant le geste pour faciliter la production des verbes (mais aussi une thérapie sémantique et phonologique), et la localisation de la lésion. Cette étude menée auprès de 15 participants avec aphasie avait conclu globalement à une égale amélioration suite aux deux types de traitement, mais surtout à une corrélation inattendue : plus la lésion corticale antérieure était étendue,

meilleure était l'amélioration pour la dénomination des noms et des verbes. Par contre, une corrélation négative était retrouvée entre l'atteinte des ganglions de la base et l'amélioration, mettant en évidence l'importance de ces structures dans le traitement langagier. Notons ici que cette étude n'est pas spécifique aux verbes, ni à la thérapie avec gestes.

L'unique étude portant sur les effets d'une thérapie ciblant l'anomie des verbes et utilisant des stratégies sensorimotrices est l'étude de Gili et al. (2017), à notre connaissance. Gili et al. (2017) ont étudié les effets de l'AOT sur les discours, avec un focus sur la comparaison entre la thérapie délivrée à l'aide de vidéos montrant l'action dans un contexte écologique ou de vidéos montrant l'action mimée par des gestes. Les auteurs ont constaté des changements d'intégration fonctionnelle dans le réseau sensorimoteur après l'AOT avec utilisation de vidéos présentant des actions écologiques, mais pas après l'AOT avec l'utilisation de vidéos présentant des actions mimées par gestes. Les résultats de cette étude sont très intéressants et seront discutés dans la section D.

III. Corrélats neurofonctionnels en lien avec la nature de POEM

a. Le recrutement d'aires dans l'hémisphère droit

Les résultats des études 2 et 3 montrent le recrutement d'aires dans l'hémisphère droit. Plus précisément, dans l'étude 2, deux patrons de changement distincts ont été observés, malgré des améliorations comportementales comparables (Durand et al., 2018). Nous avons, pour un participant, des activations bilatérales associées à la dénomination correcte des items traités, et pour l'autre participant, un transfert des activations de l'hémisphère gauche vers l'hémisphère droit associé à la dénomination correcte des items traités. Dans l'étude 3, les corrélations interhémisphériques sont retrouvées, afin de contrebalancer la présence de la lésion dans l'hémisphère gauche. Nos résultats sont en lien avec les résultats retrouvés dans la littérature. En effet, bien que certains auteurs affirment qu'un recrutement de l'hémisphère droit s'avère maladaptif (Blank, Bird, Turkheimer, & Wise, 2003), une littérature grandissante reconnaît que l'hémisphère droit peut en effet contribuer positivement à la récupération suite à un AVC (Anglade et al., 2014; Code, 1987; Heiss, Kessler, Thiel, Ghaemi, & Karbe, 1999; Dorothee Saur et al., 2006). Or, selon Kiran and Thompson (2019), la perspective considérant un recrutement

de l'hémisphère droit comme étant maladaptative consiste en une simplification. En effet, en réalité, les aires recrutées par les participants varient grandement, même au sein du réseau langagier, et incluent à la fois des aires périsylviennes, extrasylviennes de l'hémisphère gauche et de l'hémisphère droit (Kiran & Thompson, 2019). L'étude de la neuroplasticité soutenant la récupération du langage d'un point de vue de réseaux pourrait s'avérer une solution et permettre de mieux comprendre les substrats neuronaux supportant la récupération plutôt qu'étudier des aires individuelles au sein de ce réseau (Kiran & Thompson, 2019).

Les explorations neurofonctionnelles des effets de POEM dans les études 2 et 3 ont également permis de mettre en évidence le recrutement de réseaux visuomoteurs, sensorimoteurs et langagiers. Ces résultats sont en lien avec la perspective proposée par Kemmerer (2015) divisant le traitement des traits sémantiques des verbes d'action selon leur aspect visuomoteur et leur aspect sensorimoteur.

b. Les aspects sémantiques visuomoteurs

Ainsi, dans l'étude 2, les activations retrouvées pour le participant P1 sont particulièrement intéressantes, car le patron d'activation associé à la dénomination des verbes entraînés est identique à celui associé à la dénomination de verbes non entraînés, incluant notamment les aires suivantes : le gyrus temporal moyen gauche et le gyrus fusiforme droit. Ces deux aires sont incluses dans le *large cortex occipito-temporal latéral* (COTL) tel que défini par Angelika Lingnau and Downing (2015) dans leur revue de littérature sur l'implication du COTL dans le traitement de l'action. Le recrutement du gyrus fusiforme est lié au traitement des stimuli visuels. Ce gyrus est en effet impliqué dans l'association lexico-sémantique, c'est-à-dire l'association de mots à des stimuli visuels (Abrahams et al., 2003). Le gyrus temporal moyen gauche participe au traitement sémantique de l'action, à la génération de mots et à l'observation du mouvement tel que développé initialement par G. Rizzolatti et al. (1996) et retrouvé dans d'autres études (Binder & Desai, 2011; Binder et al., 2009; Kemmerer et al., 2008; Orlov, Makin, & Zohary, 2010). La similitude du recrutement neurofonctionnel dans la tâche de dénomination suite à l'administration de POEM pour les verbes entraînés et non entraînés suggère que le même type de traitement sensorimoteur a été utilisé pour nommer les verbes chez ce participant. Ces activations similaires se produisent, de plus, de manière concomitante avec la généralisation observée dans les résultats comportementaux. Ces résultats

combinés (comportementaux et neuronaux) chez ce participant sont un indice fort de l'application potentielle des mêmes stratégies pour retrouver les verbes d'action, avec un appui particulier sur les aspects visuomoteurs suscité par l'utilisation de l'observation de l'action.

Les aspects visuomoteurs ont également été mis en évidence dans l'étude 3, avec une augmentation de l'intégration entre le cortex supracalcarin gauche (CSCC) gauche et le cortex cuneal (CC) droit retrouvée suite à l'administration de POEM. Ces deux cortex sont des aires médiales impliquées dans le traitement visuel de bas niveau. D'autre part, l'augmentation de l'intégration entre le gyrus lingual gauche et le gyrus précentral droit chez les quatre participants de l'étude 3 est un élément cohérent avec la stimulation des aspects visuomoteurs suite à l'administration de POEM. En effet, le gyrus lingual est une aire visuelle impliquée dans l'encodage des informations spatiales (Sulpizio, Committeri, Lambrey, Berthoz, & Galati, 2013). Le gyrus précentral rassemble quant à lui le cortex moteur, impliqué dans l'exécution du mouvement, et prémoteur, jouant un rôle central dans la planification du mouvement. Ces deux aires sont retrouvées à la fois dans l'exécution motrice, l'observation de l'action et l'imagerie mentale dans l'étude de (Nakano & Kodama, 2017). L'augmentation de l'intégration entre le cortex visuel et le cortex moteur va dans le sens d'un renforcement des connexions entre des aires de perception visuelle et des aires de traitement sensorimoteur en accord avec les stratégies proposées dans POEM.

c. Les aspects sémantiques moteurs

Selon Kemmerer (2015), les traits moteurs des verbes d'action dépendent du cortex prémoteur et moteur. Dans l'étude 2, le patron d'activation retrouvé pour le participant P2 montre notamment le recrutement de l'aire prémotrice droite. L'aire prémotrice est notamment impliquée dans la sélection des mouvements. Cette aire est aussi retrouvée à la fois dans l'exécution motrice, l'observation de l'action et l'imagerie mentale (Lorey et al., 2013; Nakano & Kodama, 2017).

De plus, l'étude de Riccardi, Yourganov, Rorden, Fridriksson, and Desai (2019) montre que les substrats de l'action incluant les aires sensorimotrices, dont l'aire prémotrice ainsi que le gyrus inférieur frontal gauche sont des aires importantes pour le traitement de l'action concrète versus le gyrus temporal moyen gauche est plus impliqué dans le traitement des actions abstraites.

L'implication du système moteur est confirmée par les résultats de l'étude 3 dans laquelle une meilleure intégration entre le gyrus lingual gauche et le gyrus précentral droit est retrouvée chez les quatre participants. Ainsi, le traitement visuel de bas niveau semble concourir à la récupération des verbes grâce à la simulation motrice prédite par la cognition incarnée (Grezes & Decety, 2001; Lorey et al., 2013).

d. La participation des ganglions de la base et du cervelet dans la dénomination de verbes d'action

L'activité motrice n'est pas restreinte aux aires motrices et prémotrices du cerveau. Les structures sous-corticales ainsi que le cervelet jouent également un rôle significatif dans le traitement du langage et de la motricité.

Concernant le cervelet, il serait plus spécifiquement impliqué dans la modulation motrice et dans la planification de la parole. Toutefois, des études récentes en IRMf ont pu montrer la contribution du cervelet dans d'autres tâches langagières dont la génération de verbes (Frings et al., 2006; Mariën et al., 2014). Ce résultat est également retrouvé dans l'étude 2 où les deux participants montrent une activation plus importante du cervelet gauche suite à l'application de la thérapie lors de la dénomination de verbes.

Au niveau des structures sous-corticales, le thalamus est fortement impliqué dans l'intégration sensorielle et motrice. Cette situation expliquerait pourquoi une atteinte plus marquée du thalamus est associée à une moindre amélioration de la performance langagière (Parkinson et al., 2009). Néanmoins, cette dernière étude ne ciblait pas les verbes et la thérapie employée ne recourait pas aux gestes, contrairement à notre étude 3. Nos données indiquent une meilleure intégration entre le gyrus frontal droit et le thalamus gauche plus important pour le groupe de personne avec aphasie que pour les participants contrôles. Le thalamus pourrait ainsi agir comme un régulateur de l'activité langagière, ici quant à la sélection lexicale (Bohsali et al., 2015). Le cortex frontal inférieur servirait quant à lui de nœud d'unification sémantique à travers les modalités, là où le cortex temporal et le gyrus angulaire sous-tendraient la représentation sémantique (voir modèle Memory-Unification-Control, Hagoort (2016)).

D. L'intensité et la répétition de la thérapie

Selon le quatrième et le cinquième PNDE, l'intensité et la répétition d'un traitement favorisent la récupération associée à des changements neurofonctionnels (Kleim & Jones,

2008). Tel que mentionné par (Kiran & Thompson, 2019), l'intensité et la répétition des thérapies sont actuellement au cœur de débats. Certaines études ont montré l'avantage de thérapies dites intensives (Bhogal et al., 2003; Leora R. Cherney, Patterson, & Raymer, 2011; Kelly, Brady, & Enderby, 2010; Robey, 1998), montrant par exemple la supériorité des résultats obtenus après une thérapie intensive (moyenne = 8,8 heures par semaine durant 11 semaines) auprès de patients aphasiques versus après une thérapie conventionnelle (2 heures par semaine pendant 22,9 semaines). D'autres études ne montrent aucune différence entre le rythme intensif et plus conventionnel (J. K. Dignam et al., 2016; Stahl et al., 2018). Cependant, le terme d'intensité dans la plupart de ces études réfère à des variables différentes telles que le nombre d'heures de thérapie délivrée dans un temps donné, le nombre d'items travaillés par séance, le nombre de répétitions effectuées par séance (J. K. Dignam et al., 2016). En regard des données actuelles, la thérapie POEM a été administrée de façon intensive, car la répétition du nombre d'items traités par séance est importante, avec vingt items répétés trois à cinq fois par séance et l'exclusivité de la thérapie délivrée.

La comparaison des dosages observés dans les études utilisant les stratégies sensorimotrices pour faciliter la dénomination des verbes avère une large hétérogénéité (cf. tableau 1). Si l'on rapporte cette comparaison à un nombre total de séances effectuées pour une thérapie utilisant l'exécution du geste, on peut voir que les 8 séances dans l'étude de Carragher et al. (2013) se sont avérées plus efficace en termes d'améliorations sur les items traités et non traités que les 20 séances délivrées dans l'étude de Rose et al. (2008). Cependant, dans l'étude de Carragher et al. (2013), 40 items ont été travaillés versus 20 items pour l'étude de M. Rose and Sussmilch (2008). Les différentes variables comportementales du dosage de thérapie ne permettent pas de conclure sur l'effet du dosage de thérapies et demandent à ce que les études portant sur ce sujet soient poursuivies. Par ailleurs, même si des changements neurofonctionnels ont été constatés et pourraient être en lien avec le dosage de la thérapie, l'hétérogénéité actuelle des variables sur les dosages des thérapies nous amène à être prudent sur l'interprétation de nos données.

E. La pertinence des stimuli : personnalisé et en vidéos

Selon le septième PNDE, la pertinence des stimuli utilisés dans un traitement est essentielle dans la récupération d'un déficit et favorise la reconfiguration des réseaux

ciblés (Kleim & Jones, 2008). La pertinence des stimuli implique la motivation et l'attention portée par la personne à la thérapie. L'approche personnalisée contribue potentiellement aux effets d'efficacité et de généralisation de POEM. Ainsi, les verbes ciblés avec POEM ont été sélectionnés en fonction de la performance de dénomination de chaque participant avant la thérapie. On considère que la personnalisation des éléments de traitement augmente la motivation, et donc l'attention, et contribue à l'efficacité du traitement (Marcotte et al., 2012).

De plus, le traitement de vidéos par rapport à des images, non seulement, rend dynamique l'action à traiter, mais renforce aussi le caractère intégré d'une scène ou d'un événement (d'Honincthun & Pillon, 2008). Autrement dit, l'utilisation de vidéos comme matériel dans POEM (au lieu d'images) devrait aussi expliquer en partie l'amélioration observée chez les personnes avec aphasie. Les résultats de l'étude 3 sont d'ailleurs en faveur du recrutement d'aires en lien avec le traitement de l'évènement avec l'amélioration de l'intégration entre le gyrus parahippocampal (encodage et reconnaissance des scènes) et le lobe pariétal supérieur (intégration des informations de différentes modalités visuelles) (Rocca et al., 2017).

Le caractère intrinsèquement situé d'une vidéo par rapport à une image (contexte dynamique) rejoint la théorie incarnée et située de la cognition (Lawrence W Barsalou, 2015). L'ancrage des connaissances dans les expériences sensori-motrices fait que regarder une vidéo doit activer davantage de composants sensorimoteurs conduisant à une meilleure simulation de ces propriétés et ainsi faciliter la dénomination (L. Barsalou, 2003). L'importance de ce caractère situé a été notamment avérée appliquée en aphasiologie. L'étude de Gili et al. (2017) démontre d'ailleurs la pertinence de l'utilisation de vidéos d'actions dans un contexte écologique versus de vidéos montrant l'action mimée par des gestes.

Le rôle du contexte peut aussi être interprété en termes de saillance et de pertinence (McKelvey, Hux, Dietz, & Beukelman, 2010). Cette étude a comparé les performances de personnes avec aphasie à une tâche d'associations d'images à des mots, en utilisant des photos d'objets personnellement pertinents et contextualisés versus des photos d'objets non pertinents et contextualisés versus des images iconiques non contextualisées. Les résultats montrent des performances plus élevées lorsque les stimuli utilisés sont personnalisés et contextualisés par rapport à des stimuli iconiques et sans contexte. Pour

POEM, une attention particulière a ainsi été apportée au caractère écologique et prototypique des actions. Ce choix est d'ailleurs en accord avec la motivation et l'aspect de pertinence des PNDE. Un tel phénomène laisse également imaginer que d'autres fonctions cognitives pourraient être impliquées.

Ainsi, le traitement d'image représentant une action pourrait solliciter davantage les ressources attentionnelles et exécutives des personnes avec aphasie afin de reconstruire l'action à partir d'une situation figée (d'Honincthun & Pillon, 2008). Une telle hypothèse laisse penser que le recours à des vidéos allégerait la demande exécutive de la tâche et ainsi faciliterait la dénomination. En effet, le traitement du langage est reconnu être en lien avec les fonctions cognitives (Cahana-Amitay & Albert, 2014) et plus spécifiquement avec les fonctions exécutives pour le traitement des verbes (Vigliocco et al., 2011). C'est pourquoi l'étude de la contribution des fonctions exécutives et de la recherche des prédicteurs de l'amélioration est en cours à travers des analyses mixtes (voir aussi (Dash, Durand, Masson-Trottier, & Ansaldo). Cette recherche de prédicteurs pourrait également nous renseigner sur pourquoi deux des huit participants ne présentent pas de généralisation. La méta-analyse par de Aguiar et al. (2016) sur les prédicteurs de l'amélioration suite à une thérapie ciblant l'anomie des verbes a montré que la généralisation dépendait de la présence d'un trouble grammatical ou sémantique. Cependant, peu d'études ont mené à la généralisation, ce qui diminue le caractère généralisable de ces prédicteurs. Une étude est en cours reprenant une méthode d'analyses de prédicteurs similaire à celle utilisée par de Aguiar et al. (2016). Cette étude prend en compte les scores des participants aux évaluations langagières et cognitives, de même que les données démographiques et cliniques.

F. Limites des études présentées

I. Échantillons restreints

Ce travail doctoral rencontre différentes limites qu'il est important de mentionner et de discuter. En premier lieu, la taille restreinte des échantillons inclus pour les études comportementales et neurofonctionnelles (respectivement, de 10, 2 et 4 individus). Ce nombre limité empêche toute généralisation excessive des conclusions à l'ensemble des personnes avec aphasie. Cette limite s'explique en grande partie par les défis rencontrés et présentés au début de cette discussion.

En ce qui concerne l'étude 2 avec acquisition en IRMf événementielle, il est à noter qu'outre la difficulté de recrutement déjà explicitée dans le chapitre II partie 3, sur les quatre participants avec aphasie que nous avons scannés, seulement deux de ces acquisitions se sont avérées exploitables. En effet, pour les deux autres participants, le nombre de réponses correctes était trop faible, malgré le soin que nous avons apporté à réaliser une tâche d'habituation pour diminuer le stress induit par l'examen en IRM et l'optimisation des intervalles inter-stimuli. Toutefois, les premières données issues de deux études de cas sont encourageantes et ont permis d'identifier certaines aires participant à la dénomination en post-thérapie. De plus, les données s'avèrent en accord avec la littérature existante ce qui renforce notre confiance dans leur validité.

Concernant l'étude comportementale, il serait attendu qu'un échantillon de dix personnes avec aphasie soit faible. Pourtant, cette taille est en fait le N le plus élevé pour ce type d'intervention, ce qui constitue de fait une des forces de l'étude. Il est également à noter que l'échantillon est limité en raison de l'homogénéité recherchée (voir Robey (2004)). La population incluse était ciblée afin de ne pas présenter notamment une préservation des habiletés sémantiques, être représentative de différents niveaux de sévérité, ne présenter qu'un seul AVC dans l'hémisphère gauche. Cette spécificité nous permet d'augmenter la validité interne de notre projet et d'éviter des biais d'interprétation. En accord avec les phases suivantes décrites par Robey (2004), les prochaines études pourront se centrer sur des populations cliniques plus élargies et in fine inclure des personnes tout venant. D'ailleurs, les prochaines phases devraient permettre un recrutement facilité par le fait que les études neurofonctionnelles ne seront plus centrales dans la démonstration de l'efficacité de POEM. Ainsi, les critères d'inclusions pour être IRM compatible ainsi que le stress induit par la passation de cet examen ne seront plus présents.

II. Mesures en neuroimagerie

Les données neurofonctionnelles présentées dans le cadre de ce travail sont encourageantes. Toutefois, et tel que mentionné auparavant, le nombre de personnes incluses dans ces études est très limité. Ainsi, des échantillons expérimentaux plus importants seront nécessaires pour augmenter la validité externe des résultats. Ceci dit, les deux personnes incluses dans l'étude 2 et les quatre de l'étude 3 concernent des cas différents, en termes de localisation et de volume de la lésion, fournissant ainsi des

preuves de l'efficacité du POEM chez plus d'un type de patients souffrant d'aphasie chronique. Par conséquent, bien que les études de groupe reposent sur un pouvoir statistique plus important, les études de cas nous renseignent davantage sur les variables qui peuvent rentrer en jeu (Marcus Meinzer et al., 2013).

En outre, les mesures obtenues dans l'étude 2 en IRMf événementielle (tâche de dénomination) pourraient être complétées par les données acquises en Arterial Spin Labeling (ASL). Cette technique permet une investigation de la perfusion sanguine cérébrale par marquage de sang artériel chez les personnes ayant subi un AVC. On sait en effet que les personnes ayant subi un AVC peuvent présenter des hypoperfusions cérébrales, à savoir des diminutions du débit sanguin cérébral et un délai du flux sanguin cérébral au niveau de la lésion. Ces changements du flux sanguin cérébral, notamment l'hypoperfusion, peuvent affecter la sensibilité du couplage neuro-vasculaire dont dépend le signal Blood Oxygen Level Dependent (BOLD), qui est analysé ensuite sur les cartes d'activation (Fridriksson et al., 2002 ; Love, Swinney, Wong, & Buxton, 2002). Or l'activation des zones périlésionnelles est corrélée à de meilleures performances, notamment en dénomination (Cynthia K Thompson & den Ouden, 2008). Ces données permettraient d'obtenir des informations complémentaires, plus sensibles notamment autour des lésions.

Enfin, l'importance des faisceaux de matière blanche dans le traitement langagier est bien connue (Catani, Jones, & Ffytche, 2005 ; Catani & Mesulam, 2008; Dick, Bernal, & Tremblay, 2013; Dick & Tremblay, 2012). L'utilisation des données acquises en Diffusion Tensor Imagery (DTI) permettrait d'identifier les faisceaux de matière blanche atteints chez nos participants et de mieux appréhender le lien entre les lésions et les impacts langagiers. La combinaison des approches fonctionnelles et structurelles est une perspective de développement des connaissances en aphasiologie. La recherche est à poursuivre dans ce domaine de combinaison des marqueurs lésionnels dans la matière grise et la matière blanche pour affiner nos connaissances sur les facteurs prédictifs de la récupération de l'aphasie.

III. Maintien des effets et support numérique

Une analyse plus descriptive des résultats comportementaux laisse entrevoir un début de diminution de la performance de dénomination lors du follow-up à deux et six mois.

Même si les effets persistent à 6 mois post-thérapie, il est probable qu'ils s'estompent à plus long terme. Ce constat est d'ailleurs applicable à la majorité des interventions existantes. Une des pistes à explorer pour maintenir les résultats tout en limitant les coûts associés, dans le contexte de pénurie de services en orthophonie, serait l'usage de supports numériques (Lavoie, Routhier, Légaré, & Macoir, 2015; Routhier, Bier, & Macoir, 2016). Les personnes avec aphasie pourraient bénéficier d'une thérapie POEM auto-administrée sur tablette numérique. Une étude économique de Latimer, Dixon, and Palmer (2013) révèle même que la thérapie auto-administrée par ordinateur représente une utilisation « rentable » (cost-effective) des ressources. Les résultats montrent que les participants étaient très satisfaits de la thérapie réalisée de manière autonome, à domicile et via l'utilisation de la tablette. La satisfaction d'une personne avec aphasie à l'égard de la prise en charge de ses difficultés représente un facteur favorisant l'adhérence au traitement, augmentant ainsi les chances d'observer des améliorations.

IV. Administration de la thérapie par une seule et même orthophoniste

Une limite supplémentaire réside dans le fait que la thérapie a été créée et appliquée par une seule et même personne. Ainsi, il est possible qu'il y ait un biais d'expérimentateur ou encore un biais d'attente ou de réponse. Ces biais pourraient expliquer une partie des résultats comportementaux obtenus, mais ils ne devraient pas rentrer en ligne de compte pour les données de neuroimagerie qui sont objectives.

Dans l'idéal et à l'avenir, une étude randomisée en double-aveugle serait nécessaire pour s'assurer que de tels biais n'entrent pas en compte dans les résultats obtenus. Il est à souligner que cette solution n'était pas envisageable à l'époque en raison du caractère exploratoire du projet et des coûts humain et financier associés à un tel devis.

Une réponse partielle à cette limite serait le recours à des mesures comportementales plus objectivables. Par l'exemple, une analyse du discours pourrait être accomplie sur la base d'enregistrements audio-vidéos avec une méthode inter-juges. Ces données sont déjà acquises et ce type d'analyse est prévue (voir section suivante).

V. Issues des données acquises

Certaines données recueillies dans nos travaux doctoraux sont encore à analyser. Ainsi, aux quatre temps d'évaluation (pré- et post-thérapie, ainsi qu'au suivi à deux mois

et à six mois après la thérapie), l'épreuve de narration de l'histoire de Cendrillon a été proposée aux participants avec enregistrement audio et vidéo de leurs discours. Cette épreuve a été administrée en respectant le protocole adapté par Colin and Le Meur (2016) utilisé dans AphasiaBank (MacWhinney, Fromm, Forbes, & Holland, 2011). L'analyse du discours selon les enregistrements audios nous permettra de mesurer les effets de POEM sur le discours narratif, avec pour cible le taux de verbes utilisés aux quatre temps d'évaluation. Comme le soulignent Carragher et al. (2013), l'analyse de la généralisation des effets sur le discours narratif est peu investiguée. Tel que Marangolo et al. (2012) suite à l'application de l'AOT et aux mesures prises sur des discours descriptifs, nous nous attendons à une amélioration du taux de verbes utilisés dans le discours narratif après la thérapie. De plus, selon les effets obtenus dans notre première étude comportementale, à un maintien des effets dans le temps.

Par ailleurs, l'analyse des gestes produits durant le discours permettrait d'identifier si l'exécution d'un geste en cas d'anomie est plus importante après POEM. En d'autres mots, l'analyse des gestes produits au cours du discours narratif permettrait d'identifier si POEM facilite l'utilisation de gestes en cas d'anomie, en accord avec la théorie incarnée de la cognition. Cette mesure permettrait de considérer l'ensemble des moyens de communication à disposition chez les personnes avec aphasie (M. L. Rose, 2013). De plus, Caute et al. (2013) montrent qu'une thérapie ciblant l'anomie des noms et utilisant des gestes et la dénomination a un impact positif sur les capacités de communication par gestes des personnes avec aphasie, avec moins de bris de communication et un meilleur taux de transmission des messages simples.

Les prédicteurs de l'amélioration comportementale restent également à déterminer. Enfin, les liens existant entre les capacités cognitives et la récupération de l'aphasie sont bien connus (Cahana-Amitay & Albert, 2014; Vallila-Rohter & Kiran, 2013). Plus précisément, les études en neuropsychologie ont mis en évidence le rôle des fonctions exécutives dans des tâches incluant les verbes (Vigliocco et al., 2011). L'analyse des liens entre les scores obtenus à la tâche du Flanker test et les performances en dénomination permettraient d'identifier la relation entre le score obtenu aux tâches mettant en jeu les fonctions exécutives et le taux d'amélioration aux items non traités (voir Dash et al. (2019)).

VI. La qualité de vie

Ma dernière limite serait la mesure sur la qualité de vie. Ainsi, et tel qu'initialement proposé par Kagan via le modèle A-FROM (Kagan, 2011; Kagan et al., 2008), un récent consortium d'experts recommande l'utilisation de mesures de la qualité de vie comme partie intégrante et fondamentale de mesures des effets d'une thérapie (Wallace et al., 2019). Bien que ces données soient disponibles pour nos travaux, les analyses restent à être finalisées. Les données préliminaires n'ont cependant pas dégagé d'effets sur l'échelle CETI utilisée.

Par contre, la qualité de vie pourrait aussi être envisagée à travers les mesures de discours (voir supra). Les résultats préliminaires obtenus suite à l'analyse d'un participant suggèrent une amélioration du nombre de verbes utilisés lors d'une tâche de discours narratif. Cette amélioration est maintenue à deux et à six mois après la thérapie et va de pair avec une amélioration de la communication fonctionnelle complétée par le proche de la personne ayant bénéficié de POEM.

G. Vers une approche holistique de la réhabilitation des personnes victimes d'AVC

Les résultats obtenus jusqu'à présent sont encourageants et démontrent le potentiel de la thérapie POEM auprès des personnes avec aphasie. Dans une perspective d'application clinique, le rythme de la thérapie tel que décrit dans les études présentées dans cette thèse s'avère plus intensif que dans la pratique clinique rencontrée au Québec ou en France, excepté la phase de réadaptation fonctionnelle intensive permettant une potentielle offre de temps d'orthophonie plus large. De plus, les liens importants retrouvés entre le traitement langagier et moteur nous amènent à penser à une application potentielle lors de cette phase. En effet, si près du tiers des personnes victimes d'un AVC vivent avec une aphasie (Lindsay et al., 2010), près de 50 % doivent aussi composer avec une hémiparésie du membre supérieur, une difficulté à mobiliser l'hémicorps contralésionnel (Kelly-Hayes et al., 2003). Ces deux troubles bien souvent retrouvés chez les personnes victimes d'AVC ont un impact négatif sur la qualité de vie. Au Québec comme en France, ces personnes suivent généralement un parcours incluant de la rééducation fonctionnelle intensive dans des centres où ils peuvent bénéficier d'interventions pluridisciplinaires auprès de professionnels spécialisés tels que

l'orthophoniste qui ciblera l'aphasie et l'ergothérapeute ou le physiothérapeute qui cibleront l'hémiplégie du membre supérieur. Ces séjours d'une durée d'environ 1 mois concentrent l'intensité des thérapies, facteur clé pour favoriser la récupération de l'aphasie et de l'hémiplégie.

Les résultats obtenus suite à l'application de la thérapie POEM étayent une approche inspirée de la théorie incarnée et située de la cognition. En effet, l'utilisation du geste observé, exécuté ou simulé a le potentiel de favoriser la récupération de capacités langagières, telles que la dénomination de verbes d'action. Selon la théorie de la cognition incarnée, les capacités motrices et langagières sont supportées par des réseaux qui s'activent mutuellement et partagent des nœuds communs. De plus, l'étude de Marcus Meinzer et al. (2011) a comparé les capacités de dénomination en station debout versus assise de personnes avec aphasie. Les auteurs ont montré que la station debout favorise le nombre d'autocorrections sémantiques résultant en une dénomination correcte. Enfin, l'étude de Glize et al. (2019) montre que la récupération motrice du membre supérieur permet de prédire l'amélioration langagière. Cet ensemble d'éléments démontre bien le lien existant entre la motricité et le langage. Il apparaît alors pertinent d'associer le travail sur le langage et sur la motricité pour les personnes victimes d'AVC avec aphasie et hémiplégie.

Dans le continuum de soins aux personnes victimes d'AVC, le parcours inclut la rééducation fonctionnelle intensive, qui paraît providentielle pour mettre en synergie les thérapies en orthophonie et ergothérapie/physiothérapie. Ce travail permettrait d'augmenter l'impact de l'intervention, par la potentialisation des réactions de nœuds communs dans ces deux réseaux, surtout dans la période post-AVC correspondant à la réorganisation neurofonctionnelle (Carey & Seitz, 2007). Cette intervention pourrait s'envisager autour de la sélection d'actions pertinentes, mais difficiles à nommer et à réaliser pour la personne avec aphasie et hémiplégie. Le travail en orthophonie se ferait avec une thérapie telle que POEM ciblant les actions sélectionnées et travaillées en contextes pertinents en ergothérapie/physiothérapie. Cette intervention combinée donne une perspective importante de développement de la collaboration transdisciplinaire, avec la potentialisation des gains en langage et motricité, pour une récupération accrue du langage et de la motricité pour les personnes ayant subi un AVC. Cette collaboration dynamique s'avérerait innovante sur le plan de la transdisciplinarité

ciblant l'optimisation des interventions pour favoriser la récupération de l'anomie, avec une possibilité accrue d'obtenir une réduction du séjour. Les retombées de cette thérapie originale sont de deux natures, à la fois un rendement clinique accru et des interventions axées sur une meilleure qualité de vie.

Conclusion

Les travaux menés dans cette thèse permettent de valider les effets d'une nouvelle thérapie nommée POEM, intégrant notamment l'effet de généralisation sur les verbes non entraînés auprès de personnes présentant une aphasie chronique avec anomie des verbes. Pour la première fois, les effets d'une nouvelle thérapie ont été étudiés au niveau comportemental et neurofonctionnel, permettant une exploration des changements neurofonctionnels associés aux améliorations comportementales. Ces premières données viennent étayer le potentiel du cerveau à se réorganiser et sont en faveur d'une réorganisation dépendante de la nature de la thérapie, avec des changements neurofonctionnels.

L'aphasie est un trouble du langage avec des conséquences sur les capacités de communication des personnes atteintes. Les impacts sur les habitudes de vie et le rôle social définissent des situations de handicap, à savoir de difficultés importantes et profondes sur la qualité de vie, pouvant être qualifiées de handicap « invisible ». Il est essentiel d'accompagner au mieux les personnes souffrant de ces situations à l'aide de thérapies permettant d'optimiser la récupération et permettre la généralisation des stratégies de compensation des troubles. Les travaux menés dans cette thèse se situent dans la phase 1 de Robey, à savoir, la validation d'une nouvelle approche en thérapie du langage. De prochaines études incluant davantage de participants permettraient de valider les résultats préliminaires, mais encourageants sur le potentiel de cette thérapie.

Enfin, les trouvailles réalisées dans le cadre de cette thèse vont aussi dans le sens d'une intervention prenant en compte l'ensemble de l'individu, incluant l'ensemble de ses capacités épargnées, dans une perspective holistique de la réadaptation. Les points abordés de l'importance des liens entre motricité et langage encouragent à une vision holistique de la réadaptation multidisciplinaire optimisant le potentiel de récupération des personnes avec aphasie.

Bibliographie

- Abrahams, S., Goldstein, L. H., Simmons, A., Brammer, M. J., Williams, S. C. R., Giampietro, V. P., . . . Leigh, P. N. (2003). Functional magnetic resonance imaging of verbal fluency and confrontation naming using compressed image acquisition to permit overt responses. *Human brain mapping, 20*(1), 29-40. doi:10.1002/hbm.10126
- Alyahya, R. S. W., Halai, A. D., Conroy, P., & Lambon Ralph, M. A. (2018). Noun and verb processing in aphasia: Behavioural profiles and neural correlates. *Neuroimage Clin, 18*, 215-230. doi:10.1016/j.nicl.2018.01.023
- American Speech-Language-Hearing Association. (2005). Evidence-based practice in communication disorders [Position Statement]. In.
- Anglade, C., Thiel, A., & Ansaldo, A. I. (2014). The complementary role of the cerebral hemispheres in recovery from aphasia after stroke: a critical review of literature. *Brain Inj, 28*(2), 138-145. doi:10.3109/02699052.2013.859734
- Ansaldo, A. I., Arguin, M., & Lecours, A. (2002). Initial right hemisphere take-over and subsequent bilateral participation during recovery from aphasia. *Aphasiology, 16*(3), 287-304. doi:10.1080/02687040143000591
- Aravena, P., Delevoeye-Turrell, Y., Deprez, V., Cheylus, A., Paulignan, Y., Frak, V., & Nazir, T. (2012). Grip force reveals the context sensitivity of language-induced motor activity during "action words" processing: evidence from sentential negation. *PloS one, 7*(12), e50287. doi:10.1371/journal.pone.0050287
- Aziz-Zadeh, L., Wilson, S. M., Rizzolatti, G., & Iacoboni, M. (2006). Congruent embodied representations for visually presented actions and linguistic phrases describing actions. *Curr Biol, 16*(18), 1818-1823. doi:10.1016/j.cub.2006.07.060
- Bak, T. H., & Hodges, J. R. (2003). Kissing and dancing—a test to distinguish the lexical and conceptual contributions to noun/verb and action/object dissociation. Preliminary results in patients with frontotemporal dementia. *Journal of Neurolinguistics, 16*(2), 169-181.
- Bak, T. H., O'Donovan, D. G., Xuereb, J. H., Boniface, S., & Hodges, J. R. (2001). Selective impairment of verb processing associated with pathological changes in Brodmann areas 44 and 45 in the motor neurone disease-dementia-aphasia syndrome. *Brain, 124*(Pt 1), 103-120. doi:10.1093/brain/124.1.103
- Baker, C., Worrall, L., Rose, M., & Ryan, B. (2019). Stroke health professionals' management of depression after post-stroke aphasia: a qualitative study. *Disability and Rehabilitation, 1*-12. doi:10.1080/09638288.2019.1621394
- Ballard, K. J., Wambaugh, J. L., Duffy, J. R., Layfield, C., Maas, E., Mauszycki, S., & McNeil, M. R. (2015). Treatment for Acquired Apraxia of Speech: A Systematic Review of Intervention Research Between 2004 and 2012. *American journal of speech-language pathology, 24*(2), 316-337. doi:10.1044/2015_AJSLP-14-0118
- Barsalou, L. (2003). Situated simulation in the human conceptual system. *Language and Cognitive Processes, 18*(5-6), 513-562. doi:10.1080/01690960344000026
- Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behav Brain Sci, 22*(4), 577-609; discussion 610-560. doi:10.1017/S0140525X99002149
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annu Rev Psychol, 59*(1), 617-645. doi:10.1146/annurev.psych.59.103006.093639
- Barsalou, L. W. (2015). Situated conceptualization: Theory and applications. In *Perceptual and emotional embodiment* (pp. 19-45): Routledge.

- Barsalou, L. W. (2016). Situated conceptualization: theory and applications. *Found. Embodied Cogn.*, 11-37.
- Barthel, G., Meinzer, M., Djundja, D., & Rockstroh, B. (2008). Intensive language therapy in chronic aphasia: Which aspects contribute most? *Aphasiology*, 22(4), 408-421. doi:10.1080/02687030701415880
- Basilakos, A., Rorden, C., Bonilha, L., Moser, D., & Fridriksson, J. (2015). Patterns of poststroke brain damage that predict speech production errors in apraxia of speech and aphasia dissociate. *Stroke*, 46(6), 1561-1566.
- Bassano, D. (1998). L'élaboration du lexique précoce chez l'enfant français: structure et variabilité. *Enfance*, 51(4), 123-153.
- Bassano, D. (2000). Early development of nouns and verbs in French: exploring the interface between lexicon and grammar. *Journal of Child Language*, 27(03), 521-559. doi:doi:null
- Basso, A. (1992). Prognostic factors in aphasia. *Aphasiology*, 6(4), 337-348.
- Bastiaanse, R., & Jonkers, R. (1998). Verb retrieval in action naming and spontaneous speech in agrammatic and anomic aphasia. *Aphasiology*, 12(11), 951-969. doi:10.1080/02687039808249463
- Bates, E., Chen, S., Tzeng, O., Li, P., & Opie, M. (1991). The noun-verb problem in Chinese aphasia. *Brain Lang*, 41(2), 203-233. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1718531>
- Bedny, M., Caramazza, A., Pascual-Leone, A., & Saxe, R. (2012). Typical neural representations of action verbs develop without vision. *Cereb Cortex*, 22(2), 286-293. doi:10.1093/cercor/bhr081
- Beeson, P. M., & Robey, R. R. (2006). Evaluating single-subject treatment research: Lessons learned from the aphasia literature. *Neuropsychology review*, 16(4), 161-169.
- Béjot, Y., Bailly, H., Durier, J., & Giroud, M. (2016). Epidemiology of stroke in Europe and trends for the 21st century. *La Presse Médicale*, 45(12), e391-e398.
- Béland, R., & Lecours, A. R. (1990). The mt-86 β aphasia battery: A subset of normative data in relation to age and level of school education. *Aphasiology*, 4(5), 439-462. doi:10.1080/02687039008248786
- Bergen, B. K., Lindsay, S., Matlock, T., & Narayanan, S. (2007). Spatial and linguistic aspects of visual imagery in sentence comprehension. *Cogn Sci*, 31(5), 733-764. doi:10.1080/03640210701530748
- Berndt, R. S., Burton, M. W., Haendiges, A. N., & Mitchum, C. C. (2002). Production of nouns and verbs in aphasia: Effects of elicitation context. In *Aphasiology* (Vol. 16, pp. 83 - 106): Psychology Press.
- Berndt, R. S., Mitchum, C. C., Haendiges, A. N., & Sandson, J. (1997). Verb retrieval in aphasia. 1. Characterizing single word impairments. *Brain Lang*, 56(1), 68-106. doi:10.1006/brln.1997.1727
- Berthier, M. L. (2005). Poststroke aphasia : epidemiology, pathophysiology and treatment. *Drugs Aging*, 22(2), 163-182. doi:10.2165/00002512-200522020-00006
- Bhagal, S. K., Teasell, R., & Speechley, M. (2003). Intensity of aphasia therapy, impact on recovery. *Stroke*, 34(4), 987-993. doi:10.1161/01.STR.0000062343.64383.D0
- Binder, J. R., & Desai, R. H. (2011). The neurobiology of semantic memory. *Trends Cogn Sci*, 15(11), 527-536. doi:10.1016/j.tics.2011.10.001

- Binder, J. R., Desai, R. H., Graves, W. W., & Conant, L. L. (2009). Where is the semantic system? A critical review and meta-analysis of 120 functional neuroimaging studies. *Cereb Cortex*, *19*(12), 2767-2796. doi:10.1093/cercor/bhp055
- Bird, H., Howard, D., & Franklin, S. (2003). Verbs and nouns: the importance of being imageable. *Journal of Neurolinguistics*, *16*(2-3), 113-149. doi:10.1016/s0911-6044(02)00016-7
- Bird, H., Lambon Ralph, M. A., Patterson, K., & Hodges, J. R. (2000). The rise and fall of frequency and imageability: noun and verb production in semantic dementia. *Brain Lang*, *73*(1), 17-49. doi:10.1006/brln.2000.2293
- Blank, S. C., Bird, H., Turkheimer, F., & Wise, R. J. S. (2003). Speech production after stroke: The role of the right pars opercularis. *Annals of Neurology*, *54*(3), 310-320. doi:10.1002/ana.10656
- Bohsali, A. A., Triplett, W., Sudhyadhom, A., Gullett, J. M., McGregor, K., FitzGerald, D. B., . . . Crosson, B. (2015). Broca's area – Thalamic connectivity. *Brain and Language*, *141*, 80-88. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bandl.2014.12.001>
- Bonifazi, S., Tomaiuolo, F., Altoè, G., Ceravolo, M., Provinciali, L., & Marangolo, P. (2013). Action observation as a useful approach for enhancing recovery of verb production: new evidence from aphasia. *European journal of physical and rehabilitation medicine*.
- Bonin, P., Boyer, B., Méot, A., Fayol, M., & Droit, S. (2004). Psycholinguistic norms for action photographs in French and their relationships with spoken and written latencies. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, *36*(1), 127-139. doi:10.3758/bf03195558
- Bonin, P., Roux, S., Méot, A., Ferrand, L., & Fayol, M. (2009). Normes pour des clips d'actions. *Annee Psychologique*, *109*(2), 271.
- Boo, M., & Rose, M. L. (2010). The efficacy of repetition, semantic, and gesture treatments for verb retrieval and use in Broca's aphasia. *Aphasiology*, *25*(2), 154-175. doi:10.1080/02687031003743789
- Boulenger, V. (2006). *Le Langage et l'Action : Dynamique des liens fonctionnels unissant verbes d'action et contrôle moteur*. (Doctorat). Université Lumière Lyon II, Lyon.
- Boulenger, V., Hauk, O., & Pulvermuller, F. (2009). Grasping ideas with the motor system: semantic somatotopy in idiom comprehension. *Cereb Cortex*, *19*(8), 1905-1914. doi:10.1093/cercor/bhn217
- Boulenger, V., Mechtouff, L., Thobois, S., Broussolle, E., Jeannerod, M., & Nazir, T. A. (2008). Word processing in Parkinson's disease is impaired for action verbs but not for concrete nouns. *Neuropsychologia*, *46*(2), 743-756. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2007.10.007
- Brady, M. C., Kelly, H., Godwin, J., & Enderby, P. (2012). Speech and language therapy for aphasia following stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (5). doi:10.1002/14651858.CD000425.pub3. (Accession No. CD000425)
- Breedin, S. D., Saffran, E. M., & Schwartz, M. F. (1998). Semantic factors in verb retrieval: an effect of complexity. *Brain Lang*, *63*(1), 1-31. doi:10.1006/brln.1997.1923
- Buccino, G., Binkofski, F., Fink, G. R., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., . . . Freund, H. J. (2001). Action observation activates premotor and parietal areas in a somatotopic manner: an fMRI study. *Eur J Neurosci*, *13*(2), 400-404. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11168545>
- Buccino, G., Lui, F., Canessa, N., Patteri, I., Lagravinese, G., Benuzzi, F., . . . Rizzolatti, G. (2004). Neural circuits involved in the recognition of actions performed by

- nonconspicuous: an FMRI study. *J Cogn Neurosci*, 16(1), 114-126. doi:10.1162/089892904322755601
- Cabeza, R., Anderson, N. D., Locantore, J. K., & McIntosh, A. R. (2002). Aging gracefully: compensatory brain activity in high-performing older adults. *Neuroimage*, 17(3), 1394-1402. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12414279>
- Cahana-Amitay, D., & Albert, M. (2014). *Redefining Recovery from Aphasia*: Oxford University Press.
- Calvo-Merino, B., Glaser, D. E., Grezes, J., Passingham, R. E., & Haggard, P. (2005). Action observation and acquired motor skills: an FMRI study with expert dancers. *Cereb Cortex*, 15(8), 1243-1249. doi:10.1093/cercor/bhi007
- Carey, L. M., & Seitz, R. J. (2007). Functional neuroimaging in stroke recovery and neurorehabilitation: conceptual issues and perspectives. *Int J Stroke*, 2(4), 245-264. doi:10.1111/j.1747-4949.2007.00164.x
- Carragher, M., Sage, K., & Conroy, P. (2013). The effects of verb retrieval therapy for people with non-fluent aphasia: evidence from assessment tasks and conversation. *Neuropsychol Rehabil*, 23(6), 846-887. doi:10.1080/09602011.2013.832335
- Caspers, S., Schleicher, A., Bacha-Trams, M., Palomero-Gallagher, N., Amunts, K., & Zilles, K. (2013). Organization of the human inferior parietal lobule based on receptor architectonics. *Cereb Cortex*, 23(3), 615-628. doi:10.1093/cercor/bhs048
- Caspers, S., Zilles, K., Laird, A. R., & Eickhoff, S. B. (2010). ALE meta-analysis of action observation and imitation in the human brain. *Neuroimage*, 50(3), 1148-1167. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.12.112
- Catani, M., Jones, D. K., & Ffytche, D. H. (2005). Perisylvian language networks of the human brain. *Annals of Neurology*, 57(1), 8-16. doi:10.1002/ana.20319
- Catani, M., & Mesulam, M. (2008). The arcuate fasciculus and the disconnection theme in language and aphasia: History and current state. *Cortex*, 44(8), 953-961. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.cortex.2008.04.002>
- Caute, A., Pring, T., Cocks, N., Cruice, M., Best, W., & Marshall, J. (2013). Enhancing Communication Through Gesture and Naming Therapy. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 56(1), 337-351. doi:doi:10.1044/1092-4388(2012/11-0232)
- Cherney, L. R., Kaye, R. C., Lee, J. B., & Van Vuuren, S. (2015). Impact of personal relevance on acquisition and generalization of script training for aphasia: A preliminary analysis. *American journal of speech-language pathology*, 24(4), S913-S922.
- Cherney, L. R., Patterson, J. P., & Raymer, A. M. (2011). Intensity of Aphasia Therapy: Evidence and Efficacy. *Current neurology and neuroscience reports*, 11(6), 560. doi:10.1007/s11910-011-0227-6
- Cherney, L. R., & Robey, R. R. (2008). Aphasia treatment; recovery, prognosis, and clinical effectiveness. In R. Chapey (Ed.), *Language intervention strategies in aphasia and related neurogenic communication disorders (5th Ed)*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Chomel-Guillaume, S., & Leloup, G. (Eds.). (2010). *Les aphasies: Evaluation et rééducation*. Issy-Lès-Moulineaux: Masson.
- Cochin, S., Barthelemy, C., Roux, S., & Martineau, J. (2008). Observation and execution of movement: similarities demonstrated by quantified electroencephalography. *European Journal of Neuroscience*, 11(5), 1839-1842.
- Code, C. (1987). *Language, aphasia and the right hemisphere*: Wiley.

- Colin, C., & Le Meur, C. (2016). *Adaptation du projet AphasiaBank à la langue française: Contribution pour une évaluation informatisée du discours oral de patients aphasiques* (Certificat de capacité en orthophonie). Université Paul Sabatier - Toulouse III, Toulouse.
- Conroy, P., Sage, K., & Lambon Ralph, M. A. (2006). Towards theory-driven therapies for aphasic verb impairments: A review of current theory and practice. *Aphasiology*, *20*(12), 1159-1185. doi:10.1080/02687030600792009
- Conroy, P., Sage, K., & Lambon Ralph, M. A. (2009). The effects of decreasing and increasing cue therapy on improving naming speed and accuracy for verbs and nouns in aphasia. *Aphasiology*, *23*(6), 707-730. doi:10.1080/02687030802165574
- Coppens, P., & Patterson, J. (2018). Generalization in aphasiology: What are the best strategies. *Aphasia rehabilitation: Clinical challenges*, 205-248.
- Corballis, M. C. (2010). Mirror neurons and the evolution of language. *Brain Lang*, *112*(1), 25-35. doi:10.1016/j.bandl.2009.02.002
- Cousins, K. A. Q., Ash, S., & Grossman, M. (2018). Production of verbs related to body movement in amyotrophic lateral sclerosis (ALS) and Parkinson's Disease (PD). *Cortex*, *100*, 127-139. doi:10.1016/j.cortex.2017.08.030
- Crosson, B., McGregor, K., Gopinath, K. S., Conway, T. W., Benjamin, M., Chang, Y. L., . . . White, K. D. (2007). Functional MRI of language in aphasia: a review of the literature and the methodological challenges. *Neuropsychol Rev*, *17*(2), 157-177. doi:10.1007/s11065-007-9024-z
- d'Honinckun, P., & Pillon, A. (2008). Verb comprehension and naming in frontotemporal degeneration: The role of the static depiction of actions. *Cortex*, *44*(7), 834-847.
- Damasio, A. R. (1989). Time-locked multiregional retroactivation: a systems-level proposal for the neural substrates of recall and recognition. *Cognition*, *33*(1-2), 25-62. doi:10.1016/0010-0277(89)90005-X
- Dash, T., Durand, E., Masson-Trottier, M., & Ansaldo, A. I. (2019). Cognitive control mechanism in stroke induced Aphasia: The influence of cognitive-linguistic skills on the performance. *Frontiers in Human Neuroscience*. doi:10.3389/conf.fnhum.2018.228.00022
- de Aguiar, V., Bastiaanse, R., & Miceli, G. (2016). Improving Production of Treated and Untreated Verbs in Aphasia: A Meta-Analysis. *Front Hum Neurosci*, *10*, 468. doi:10.3389/fnhum.2016.00468
- Debout, C. (2012). Adhésion thérapeutique. In *Les concepts en sciences infirmières* (pp. 50-53). Toulouse: Association de recherche en soins infirmiers.
- Dell, G. S. (1986). A spreading-activation theory of retrieval in sentence production. *Psychol Rev*, *93*(3), 283-321. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3749399>
- Den Ouden, D.-B., Riley, E., Lukic, S., & Thompson, C. (2010). *Neural Mechanisms of Verb Argument Structure Training in Agrammatic Aphasia*. Paper presented at the Clinical Aphasiology Conference : 40th, May 23-27, 2010, Isle of Palms.
- Desrochers, A. (2006). OMNILEX: une base de données sur le lexique du français contemporain. *Cahiers linguistiques d'Ottawa*, *34*, 25-34.
- Dick, A. S., Bernal, B., & Tremblay, P. (2013). The Language Connectome: New Pathways, New Concepts. *The Neuroscientist*. doi:10.1177/1073858413513502
- Dick, A. S., & Tremblay, P. (2012). Beyond the arcuate fasciculus: Consensus and controversy in the connectional anatomy of language. *Brain*, *aws222*.

- Dignam, J., Copland, D., McKinnon, E., Burfein, P., O'Brien, K., Farrell, A., & Rodriguez Amy, D. (2015). Intensive Versus Distributed Aphasia Therapy. *Stroke*, 46(8), 2206-2211. doi:10.1161/STROKEAHA.115.009522
- Dignam, J. K., Rodriguez, A. D., & Copland, D. A. (2016). Evidence for Intensive Aphasia Therapy: Consideration of Theories From Neuroscience and Cognitive Psychology. *PM R*, 8(3), 254-267. doi:10.1016/j.pmrj.2015.06.010
- Do-Hurinville, D. T. (2007). Étude sémantique et syntaxique de ÊTRE EN TRAIN DE. *L'information grammaticale*(113), 32-39. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00497581>
- Druks, J., & Masterson, J. (2003). The neural basis of verbs. *Journal of Neurolinguistics*, 16.
- Durand, E., & Ansaldo, A. I. (submitted). Personalised Observation, Execution, and Mental Imagery Therapy (POEM) to improve verb retrieval in post-stroke chronic aphasia: Generalisation and maintenance effects. *Aphasiology*.
- Durand, E., Berroir, P., & Ansaldo, A. I. (2018). The Neural and Behavioral Correlates of Anomia Recovery following Personalized Observation, Execution, and Mental Imagery Therapy: A Proof of Concept. *Neural Plasticity*, 2018.
- Duvignau. (2008). Acquisition du lexique verbal par proximité sémantique : premiers pas avec les troubles spécifiques du langage oral et ouverture sur la dyslexie. In *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant Approches neuropsychologiques des apprentissages 20*(1), 65-70.
- Duvignau, Gaume, B., & Nespoulous, J.-L. (2004). Proximité sémantique et stratégies palliatives chez le jeune enfant et l'aphasique. In J.-L. Nespoulous & V. J. (Eds.), *Handicap langagier et recherches cognitives : apports mutuels* (Vol. 31-32 pp. 219-255). UMH, Belgique.
- Duvignau, Gaume, B., Tran, T., M., Manchon, M., Martinot, C., & Panissal, N. (2008). Flexibilité sémantique du système verbal chez l'enfant et l'aphasique : contre l'erreur et pour l'approximation sémantique. 158. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1051/cmlf08195>
- Elie, J., Duvignau, K., & Rogé, B. (2005). Les énoncés d'allure métaphorique à foyer nominal vs à pivot verbal chez des sujets atteints du syndrome d'Asperger. *Bulletin scientifique de l'Arapi*, 16, 42-44.
- Ellis, C., Simpson, A. N., Bonilha, H., Mauldin, P. D., & Simpson, K. N. (2012). The one-year attributable cost of poststroke aphasia. *Stroke*, 43(5), 1429-1431. doi:10.1161/STROKEAHA.111.647339
- Engelter, S. T., Gostynski, M., Papa, S., Frei, M., Born, C., Ajdacic-Gross, V., . . . Lyrer, P. A. (2006). Epidemiology of aphasia attributable to first ischemic stroke: incidence, severity, fluency, etiology, and thrombolysis. *Stroke*, 37(6), 1379-1384. doi:10.1161/01.STR.0000221815.64093.8c
- Ertelt, D., & Binkofski, F. (2012). Action observation as a tool for neurorehabilitation to moderate motor deficits and aphasia following stroke. *中国神经再生研究(英文版)*, 7(26), 2063-2074.
- Fadiga, L., Craighero, L., Buccino, G., & Rizzolatti, G. (2002). Speech listening specifically modulates the excitability of tongue muscles: a TMS study. *Eur J Neurosci*, 15(2), 399-402. doi:10.1046/j.0953-816x.2001.01874.x
- Faroqi-Shah, Y., & Graham, L. E. (2011). Treatment of semantic verb classes in aphasia: acquisition and generalization effects. *Clin Linguist Phon*, 25(5), 399-418. doi:10.3109/02699206.2010.545964
- Fellbaum, C. (1999). La représentation des verbes dans le réseau sémantique WordNet. *Langages*, 33(136), 27-40.

- Fernandino, L., Conant, L. L., Binder, J. R., Blindauer, K., Hiner, B., Spangler, K., & Desai, R. H. (2013). Parkinson's disease disrupts both automatic and controlled processing of action verbs. *Brain Lang*, *127*(1), 65-74. doi:10.1016/j.bandl.2012.07.008
- Flowers, H. L., Skoretz, S. A., Silver, F. L., Rochon, E., Fang, J., Flamand-Roze, C., & Martino, R. (2016). Poststroke Aphasia Frequency, Recovery, and Outcomes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Arch Phys Med Rehabil*, *97*(12), 2188-2201 e2188. doi:10.1016/j.apmr.2016.03.006
- Fodor, J. A. (1983). *The modularity of mind*: MIT press.
- Fougeyrollas, P., & handicap, R. i. s. l. p. d. p. d. (1998). *Classification québécoise--processus de production du handicap*: Lac St-Charles, Québec: RIPPH= SCCIDIH.
- Franceschini, M., Agosti, M., Cantagallo, A., Sale, P., Mancuso, M., & Buccino, G. (2010). Mirror neurons: action observation treatment as a tool in stroke rehabilitation. *Eur J Phys Rehabil Med*, *46*(4), 517-523.
- Franceschini, M., Ceravolo, M. G., Agosti, M., Cavallini, P., Bonassi, S., Dall'Armi, V., . . . Sale, P. (2012). Clinical relevance of action observation in upper-limb stroke rehabilitation: a possible role in recovery of functional dexterity. A randomized clinical trial. *Neurorehabil Neural Repair*, *26*(5), 456-462. doi:10.1177/1545968311427406
- Fridriksson, J. (2010). Preservation and modulation of specific left hemisphere regions is vital for treated recovery from anomia in stroke. *The Journal of Neuroscience*, *30*(35), 11558-11564. Retrieved from <http://www.jneurosci.org/content/30/35/11558.full.pdf>
- Fridriksson, J., Holland, A. L., Coull, B. M., Plante, E., Trouard, T. P., & Beeson, P. (2002). Aphasia severity: Association with cerebral perfusion and diffusion. *Aphasiology*, *16*(9), 859-871. doi:10.1080/02687030244000347
- Friederici, A. D. (2011). The brain basis of language processing: from structure to function. *Physiol Rev*, *91*(4), 1357-1392. doi:10.1152/physrev.00006.2011
- Frings, M., Dimitrova, A., Schorn, C. F., Elles, H.-G., Hein-Kropp, C., Gizewski, E. R., . . . Timmann, D. (2006). Cerebellar involvement in verb generation: An fMRI study. *Neuroscience Letters*, *409*(1), 19-23. doi:<https://doi.org/10.1016/j.neulet.2006.08.058>
- Gallese, V., & Goldman, A. (1998). Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading. *Trends Cogn Sci*, *2*(12), 493-501. doi:10.1016/s1364-6613(98)01262-5
- Gallese, V., & Lakoff, G. (2005). The Brain's concepts: the role of the Sensory-motor system in conceptual knowledge. *Cogn Neuropsychol*, *22*(3), 455-479. doi:10.1080/02643290442000310
- Gili, T., Fiori, V., De Pasquale, G., Sabatini, U., Caltagirone, C., & Marangolo, P. (2017). Right sensory-motor functional networks subserve action observation therapy in aphasia. *Brain Imaging and Behavior*, *11*(5), 1397-1411. doi:10.1007/s11682-016-9635-1
- Glenberg, A. M., & Kaschak, M. P. (2002). Grounding language in action. *Psychon Bull Rev*, *9*(3), 558-565. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12412897>
- Glenberg, A. M., & Robertson, D. A. (2000). Symbol Grounding and Meaning: A Comparison of High-Dimensional and Embodied Theories of Meaning. *Journal of Memory and Language*, *43*(3), 379-401. doi:10.1006/jmla.2000.2714
- Glize, B., Bigourdan, A., Villain, M., Munsch, F., Tourdias, T., de Gabory, I., . . . Joseph, P.-A. (2019). Motor evoked potential of upper-limbs is predictive of aphasia recovery. *Aphasiology*, *33*(1), 105-120.

- Goldberg, S., Haley, K. L., & Jacks, A. (2012). Script training and generalization for people with aphasia. *Am J Speech Lang Pathol*, 21(3), 222-238. doi:10.1044/1058-0360(2012/11-0056)
- Goldrick, M., & Rapp, B. (2002). A restricted interaction account (RIA) of spoken word production: The best of both worlds. *Aphasiology*, 16(1-2), 20-55. doi:10.1080/02687040143000203
- Gonzalez, J., Barros-Loscertales, A., Pulvermuller, F., Meseguer, V., Sanjuan, A., Belloch, V., & Avila, C. (2006). Reading cinnamon activates olfactory brain regions. *Neuroimage*, 32(2), 906-912. doi:10.1016/j.neuroimage.2006.03.037
- Goodglass, H., & Kaplan, E. (1972). *The assessment of aphasia and related disorders*: Lea & Febiger.
- Goodglass, H., & Kaplan, E. (1983). Boston Diagnostic Aphasia Examination Lea & Febiger. *Distributed by Psychological Assessment Resources, Odessa, FL, Philadelphia, PA.*
- Goodglass, H., & Wingfield, A. (1997). *Anomia: Neuroanatomical and cognitive correlates*: Academic Press.
- Grafman, J. (2000). Conceptualizing functional neuroplasticity. *J Commun Disord*, 33(4), 345-355; quiz 355-346. doi:S0021-9924(00)00030-7 [pii]
- Greidanus, T. (2014). *Les constructions verbales en français parlé: étude quantitative et descriptive de la syntaxe des 250 verbes les plus fréquents* (Vol. 243): Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
- Grezes, J., & Decety, J. (2001). Functional anatomy of execution, mental simulation, observation, and verb generation of actions: a meta-analysis. *Human brain mapping*, 12(1), 1-19.
- Hagoort, P. (2016). Chapter 28 - MUC (Memory, Unification, Control): A Model on the Neurobiology of Language Beyond Single Word Processing. In G. Hickok & S. L. Small (Eds.), *Neurobiology of Language* (pp. 339-347). San Diego: Academic Press.
- Hallowell, B., & Chapey, R. (2008). Introduction to language intervention strategies in adult aphasia In R. Chapey (Ed.), *Language intervention strategies in aphasia and related neurogenic communication disorders (5th Ed)* (pp. 3-19). Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins.
- Hauk, O., Johnsrude, I., & Pulvermuller, F. (2004). Somatotopic representation of action words in human motor and premotor cortex. *Neuron*, 41(2), 301-307. doi:10.1016/s0896-6273(03)00838-9
- Heart & Stroke. (2019). *(Dis)connected: How unseen links are putting us at risk*. Retrieved from
- Hebb, D. O. (1949). *The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory*: John Wiley & Sons.
- Hebert, D., Lindsay, M. P., McIntyre, A., Kirton, A., Rumney, P. G., Bagg, S., ... & Glasser, E. (2016). Canadian stroke best practice recommendations: stroke rehabilitation practice guidelines, update 2015. *International Journal of Stroke*, 11(4), 459-484.
- Heiss, W.-D., Kessler, J., Thiel, A., Ghaemi, M., & Karbe, H. (1999). Differential capacity of left and right hemispheric areas for compensation of poststroke aphasia. *Annals of Neurology*, 45(4), 430-438. doi:10.1002/1531-8249(199904)45:4<430::Aid-ana3>3.0.Co;2-p
- Helm-Estabrooks, N., & Albert, M. L. (2004). *Manual of aphasia and aphasia therapy*: Pro Ed.
- Hillis, A. E., & Caramazza, A. (1995). Converging evidence for the interaction of semantic and sublexical phonological information in accessing lexical representations for spoken output. *Cognitive Neuropsychology*, 12(2), 187-227.

- Hoffman, K. L., Gothard, K. M., Schmid, M. C., & Logothetis, N. K. (2007). Facial-expression and gaze-selective responses in the monkey amygdala. *Curr Biol*, *17*(9), 766-772. doi:10.1016/j.cub.2007.03.040
- Huettel, S. A. (2004). Non-linearities in the blood-oxygenation-level dependent (BOLD) response measured by functional magnetic resonance imaging (fMRI). *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, *6*, 4413-4416. doi:10.1109/IEMBS.2004.1404227
- Jirak, D., Menz, M. M., Buccino, G., Borghi, A. M., & Binkofski, F. (2010). Grasping language-a short story on embodiment. *Conscious Cogn*, *19*(3), 711-720. doi:10.1016/j.concog.2010.06.020
- Joanette, Y., Ansaldo, A. I., Lazaro, E., & Ska, B. (2018). L'aphasie : une réalité en évolution. *Rééducation orthophonique*(274).
- Johnson, J. P., Ross, K., & Kiran, S. (2019). Multi-step treatment for acquired alexia and agraphia (Part I): efficacy, generalisation, and identification of beneficial treatment steps. *Neuropsychol Rehabil*, *29*(4), 534-564. doi:10.1080/09602011.2017.1311271
- Jonkers, R., & Bastiaanse, R. (1996). The influence of instrumentality and transitivity on action naming in Broca's and anomic aphasia. *Brain and Language*, *55*(1), 37-39.
- Kagan, A. (2011). *A-FROM in action at the Aphasia Institute*. Paper presented at the Seminars in speech and language.
- Kagan, A., Simmons-Mackie, N., Rowland, A., Huijbregts, M., Shumway, E., McEwen, S., . . . Sharp, S. (2008). Counting what counts: A framework for capturing real-life outcomes of aphasia intervention. *Aphasiology*, *22*(3), 258-280. doi:10.1080/02687030701282595
- Kahlaoui, K., & Ansaldo, A. (2009). Récupération de l'aphasie d'origine vasculaire: facteurs de pronostic et apport de la neuro-imagerie fonctionnelle. *Revue neurologique*, *165*(3), 233-242. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0035378708004773>
- Kasselimis, D. S., Simos, P. G., Peppas, C., Evdokimidis, I., & Potagas, C. (2017). The unbridged gap between clinical diagnosis and contemporary research on aphasia: A short discussion on the validity and clinical utility of taxonomic categories. *Brain and Language*, *164*, 63-67.
- Kelly, H., Brady, M. C., & Enderby, P. (2010). Speech and language therapy for aphasia following stroke. *Cochrane Database Syst Rev*, *5*.
- Kelly-Hayes, M., Beiser, A., Kase, C. S., Scaramucci, A., D'Agostino, R. B., & Wolf, P. A. (2003). The influence of gender and age on disability following ischemic stroke: the Framingham study. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, *12*(3), 119-126. doi:[https://doi.org/10.1016/S1052-3057\(03\)00042-9](https://doi.org/10.1016/S1052-3057(03)00042-9)
- Kemmerer, D. (2015). Visual and motor features of the meanings of action verbs: A cognitive neuroscience perspective. In *Cognitive science perspectives on verb representation and processing* (pp. 189-212): Springer.
- Kemmerer, D., Castillo, J. G., Talavage, T., Patterson, S., & Wiley, C. (2008). Neuroanatomical distribution of five semantic components of verbs: Evidence from fMRI. *Brain and Language*, *107*(1), 16-43. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.bandl.2007.09.003>
- Kern, S., Chenu, F., & Türkay, F. (2012). *Poids du contexte sur la répartition noms/verbes dans le langage adressé à l'enfant en français et en turc*. Paper presented at the SHS Web of Conferences.

- Kiefer, M., Sim, E.-J., Herrnberger, B., Grothe, J., & Hoenig, K. (2008). The sound of concepts: four markers for a link between auditory and conceptual brain systems. *Journal of Neuroscience*, *28*(47), 12224-12230.
- Kim, M., & Thompson, C. K. (2000). Patterns of comprehension and production of nouns and verbs in agrammatism: implications for lexical organization. *Brain Lang*, *74*(1), 1-25. doi:10.1006/brln.2000.2315
- Kim, M., & Thompson, C. K. (2004). Verb deficits in Alzheimer's disease and agrammatism: implications for lexical organization. *Brain Lang*, *88*(1), 1-20. doi:10.1016/s0093-934x(03)00147-0
- Kiran, S., & Thompson, C. K. (2019). Neuroplasticity of Language Networks in Aphasia: Advances, Updates, and Future Challenges. *Front Neurol*, *10*, 295. doi:10.3389/fneur.2019.00295
- Kleim, J. A., & Jones, T. A. (2008). Principles of experience-dependent neural plasticity: implications for rehabilitation after brain damage. *J Speech Lang Hear Res*, *51*(1), S225-239. doi:10.1044/1092-4388(2008/018)
- Koleck, M., Gana, K., Lucot, C., Darrigrand, B., Mazaux, J. M., & Glize, B. (2017). Quality of life in aphasic patients 1 year after a first stroke. *Qual Life Res*, *26*(1), 45-54. doi:10.1007/s11136-016-1361-z
- Kret, M. E., Denollet, J., Grezes, J., & de Gelder, B. (2011). The role of negative affectivity and social inhibition in perceiving social threat: an fMRI study. *Neuropsychologia*, *49*(5), 1187-1193. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2011.02.007
- Kristensson, J., & Saldert, C. (2018). Naming of Objects and Actions after Treatment with Phonological Components Analysis in Aphasia. *Clinical Archives of Communication Disorders*, *3*(2), 137-150. doi:10.21849/cacd.2018.00367
- Lachaux, F. (2005). La périphrase être en train de, perspective interlinguale (anglais-français): une modalisation de l'aspect. *Les périphrases verbales*, *25*.
- Lai, W. V., Silkes, J., Minkina, I., & Kendall, D. (2019). Generalisation and maintenance across word classes: Comparing the efficacy of two anomia treatments in improving verb naming. *Aphasiology*, *33*(7), 803-820.
- Lam, J. M., & Wodchis, W. P. (2010). The relationship of 60 disease diagnoses and 15 conditions to preference-based health-related quality of life in Ontario hospital-based long-term care residents. *Med Care*, *48*(4), 380-387. doi:10.1097/MLR.0b013e3181ca2647
- Lapointe, L. L. (Ed.) (2005). *Aphasia and related neurogenic language disorders* (Third edition ed.). New York: Thieme.
- Latimer, N. R., Dixon, S., & Palmer, R. (2013). Cost-utility of self-managed computer therapy for people with aphasia. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, *29*(4), 402-409. doi:10.1017/S0266462313000421
- Lavoie, M., Routhier, S., Légaré, A., & Macoir, J. (2015). Treatment of verb anomia in aphasia: efficacy of self-administered therapy using a smart tablet. *Neurocase*, *1-10*. doi:10.1080/13554794.2015.1051055
- Le Dorze, G., & Brassard, C. (1995). A description of the consequences of aphasia on aphasic persons and their relatives and friends, based on the WHO model of chronic disease. *Aphasiology*, *9*(3), 239-255.
- Leonard, C., Rochon, E., & Laird, L. (2008). Treating naming impairments in aphasia: Findings from a phonological components analysis treatment. *Aphasiology*, *22*(9), 923-947.
- Levelt, W. J. (1989). From intention to articulation. *Cambridge, MA: The MIT Press*.

- Levin, B. (1993). *English verb classes and alternations: A preliminary investigation*: University of Chicago press.
- Levin, B., & Hovav, M. R. (2008). Lexical conceptual structure. In
- Lindsay, M. P., Gubitzi, G., Bayley, M., Hill, M. D., Davies-Schinkel, C., Singh, S., & Phillips, S. (2010). Canadian Best Practice Recommendations for Stroke Care (update 2010). On behalf of the Canadian Stroke Strategy Best Practices and Standards Writing Group. . In. Ottawa, Ontario Canada: Canadian Stroke Network.
- Lingnau, A., & Downing, P. E. (2015). The lateral occipitotemporal cortex in action. *Trends in Cognitive Sciences*, 19(5), 268-277. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.03.006>
- Lingnau, A., Gesierich, B., & Caramazza, A. (2009). Asymmetric fMRI adaptation reveals no evidence for mirror neurons in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A.*, 106, 9925.
- Lorey, B., Naumann, T., Pilgramm, S., Petermann, C., Bischoff, M., Zentgraf, K., . . . Munzert, J. (2013). How equivalent are the action execution, imagery, and observation of intransitive movements? Revisiting the concept of somatotopy during action simulation. *Brain and Cognition*, 81(1), 139-150. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2012.09.011>
- Love, T., Swinney, D., Wong, E., & Buxton, R. (2002). Perfusion imaging and stroke: A more sensitive measure of the brain bases of cognitive deficits. *Aphasiology*, 16(9), 873-883. doi:10.1080/02687030244000356
- MacWhinney, B., Fromm, D., Forbes, M., & Holland, A. (2011). AphasiaBank: Methods for studying discourse. *Aphasiology*, 25(11), 1286-1307.
- Maddy, K. M., Capilouto, G. J., & McComas, K. L. (2014). The effectiveness of semantic feature analysis: an evidence-based systematic review. *Ann Phys Rehabil Med*, 57(4), 254-267. doi:10.1016/j.rehab.2014.03.002
- Mahon, B. Z., & Caramazza, A. (2008). A critical look at the embodied cognition hypothesis and a new proposal for grounding conceptual content. *Journal of Physiology-Paris*, 102(1), 59-70.
- Maillart, C., & Durieux, N. (2014). L'evidence-based practice à portée des orthophonistes: intérêt des recommandations pour la pratique clinique. *Rééducation orthophonique*, 257, 71-82.
- Marangolo, P., Bonifazi, S., Tomaiuolo, F., Craighero, L., Coccia, M., Altoè, G., . . . Cantagallo, A. (2010). Improving language without words: First evidence from aphasia. *Neuropsychologia*, 48(13), 3824-3833. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.025
- Marangolo, P., Cipollari, S., Fiori, V., Razzano, C., & Caltagirone, C. (2012). Walking but Not Barking Improves Verb Recovery: Implications for Action Observation Treatment in Aphasia Rehabilitation. *PloS one*, 7(6), e38610. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3374821/pdf/pone.0038610.pdf>
- Marcotte, K., Adrover-Roig, D., Damien, B., de Preaumont, M., Genereux, S., Hubert, M., & Ansaldo, A. I. (2012). Therapy-induced neuroplasticity in chronic aphasia. *Neuropsychologia*, 50(8), 1776-1786. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2012.04.001
- Marcotte, K., Adrover-Roig, D., Damien, B., de Préaumont, M., Génereux, S., Hubert, M., & Ansaldo, A. I. (2010). *Therapy-induced adaptive plasticity in chronic aphasia: single-case and group design perspectives* Paper presented at the International Aphasia Rehabilitation Conference, Montréal.

- Marcotte, K., & Ansaldo, A. I. (2010). The neural correlates of semantic feature analysis in chronic aphasia: discordant patterns according to the etiology. *Semin Speech Lang*, 31(1), 52-63. doi:10.1055/s-0029-1244953
- Marcotte, K., Perlberg, V., Marrelec, G., Benali, H., & Ansaldo, A. I. (2013). Default-mode network functional connectivity in aphasia: therapy-induced neuroplasticity. *Brain Lang*, 124(1), 45-55. doi:10.1016/j.bandl.2012.11.004
- Mariën, P., Ackermann, H., Adamaszek, M., Barwood, C. H. S., Beaton, A., Desmond, J., . . . Ziegler, W. (2014). Consensus Paper: Language and the Cerebellum: an Ongoing Enigma. *The Cerebellum*, 13(3), 386-410. doi:10.1007/s12311-013-0540-5
- Martin, A., Wiggs, C. L., Ungerleider, L. G., & Haxby, J. V. (1996). Neural correlates of category-specific knowledge. *Nature*, 379(6566), 649-652. doi:10.1038/379649a0
- Martin, N. (2017). Disorders of word production. In I. Papathanasiou & P. Coppens (Eds.), *Aphasia and related neurogenic communication disorders* (pp. 169-194). Burlington: Jones & Bartlett Learning.
- Martin, R. (1988). Temporalité et « classes de verbes ». *L'information grammaticale*, 3-8. Retrieved from https://www.persee.fr/doc/igram_0222-9838_1988_num_39_1_2024
- Mätzig, S., Druks, J., Masterson, J., & Vigliocco, G. (2009). Noun and verb differences in picture naming: Past studies and new evidence. *Cortex*, 45(6), 738-758. doi:DOI: 10.1016/j.cortex.2008.10.003
- Mauszycki, S., Wambaugh, J., & Cameron, R. (2006). *Effects of Semantic Feature Analysis on Verb Production in Aphasia*. Paper presented at the Clinical Aphasiology Conference: Clinical Aphasiology Conference 36th, Ghent, Belgium.
- McKelvey, M. L., Hux, K., Dietz, A., & Beukelman, D. R. (2010). Impact of personal relevance and contextualization on word-picture matching by people with aphasia. *American journal of speech-language pathology*.
- Meinzer, M., Beeson, P. M., Cappa, S., Crinion, J., Kiran, S., Saur, D., . . . Thompson, C. K. (2013). Neuroimaging in aphasia treatment research: Consensus and practical guidelines for data analysis. *Neuroimage*, 73, 215-224. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.02.058>
- Meinzer, M., Breitenstein, C., Westerhoff, U., Sommer, J., Rösser, N., Rodriguez, A. D., . . . Flöel, A. (2011). Motor cortex preactivation by standing facilitates word retrieval in aphasia. *Neurorehabilitation and neural repair*, 25(2), 178-187.
- Meinzer, M., Mohammadi, S., Kugel, H., Schiffbauer, H., Floel, A., Albers, J., . . . Deppe, M. (2010). Integrity of the hippocampus and surrounding white matter is correlated with language training success in aphasia. *Neuroimage*, 53(1), 283-290. doi:10.1016/j.neuroimage.2010.06.004
- Meister, I. G., Boroojerdi, B., Foltys, H., Sparing, R., Huber, W., & Topper, R. (2003). Motor cortex hand area and speech: implications for the development of language. *Neuropsychologia*, 41(4), 401-406. doi:10.1016/s0028-3932(02)00179-3
- Mesmoudi, S., Perlberg, V., Rudrauf, D., Messe, A., Pinsard, B., Hasboun, D., . . . Burnod, Y. (2013). Resting state networks' corticotopy: the dual intertwined rings architecture. *PLoS one*, 8(7), e67444. doi:10.1371/journal.pone.0067444
- Meteyard, L., Cuadrado, S. R., Bahrami, B., & Vigliocco, G. (2012). Coming of age: a review of embodiment and the neuroscience of semantics. *Cortex*, 48(7), 788-804. doi:10.1016/j.cortex.2010.11.002

- Miceli, G., Silveri, M. C., Villa, G., & Caramazza, A. (1984). On the basis for the agrammatic's difficulty in producing main verbs. *Cortex*, 20(2), 207-220. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6204813>
- Miller, G. A., & Fellbaum, C. (1991). Semantic networks of English. *Cognition*, 41(1-3), 197-229. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1790654>
- Mohan, K. M., Wolfe, C. D., Rudd, A. G., Heuschmann, P. U., Kolominsky-Rabas, P. L., & Grieve, A. P. (2011). Risk and cumulative risk of stroke recurrence: a systematic review and meta-analysis. *Stroke*, 42(5), 1489-1494.
- Morsella, E., & Krauss, R. M. (2004). The role of gestures in spatial working memory and speech. *Am J Psychol*, 117(3), 411-424. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15457809>
- Mukamel, R., Ekstrom, A. D., Kaplan, J., Iacoboni, M., & Fried, I. (2010). Single-neuron responses in humans during execution and observation of actions. *Curr Biol*, 20(8), 750-756. doi:10.1016/j.cub.2010.02.045
- Nakano, H., & Kodama, T. (2017). Motor Imagery and Action Observation as Effective Tools for Physical Therapy. *Neurological Physical Therapy*, 13.
- Nespoulous, J. (2004). Linguistique, pathologie du langage et cognition: Des dysfonctionnements langagiers à la caractérisation de l'architecture fonctionnelle du langage. *La linguistique cognitive*, 171-194.
- Nespoulous, J. L. (2008). Langage et parole In P. Auzou, D. Cardebat, J. Lambert, B. Lechevalier, J.-L. Nespoulous, F. Rigalleau, A. Rohr, & F. Viader (Eds.), *Traité de neuropsychologie clinique* (De Boeck ed., Vol. «Neurosciences & cognition»). Bruxelles De Boeck Supérieur.
- Neveu, F. (2018). Grammaire du verbe en français: morphologie, syntaxe, sémantique. In: línea: www.franck-neveu.fr. Consultado el (19/07/2018) pp.
- New, B., Pallier, C., & Ferrand, L. (2005). Manuel de Lexique 3. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(3), 516-524.
- Nickels, L. (2002). Therapy for naming disorders: Revisiting, revising, and reviewing. *Aphasiology*, 16(10-11), 935-979. Retrieved from <http://www.ingentaconnect.com/content/psych/paph/2002/00000016/f0020010/art00001>
- Off, C. A., Griffin, J. R., Spencer, K. A., & Rogers, M. A. (2016). The impact of dose on naming accuracy with persons with aphasia. *Aphasiology*, 30(9), 983-1011.
- Orlov, T., Makin, T. R., & Zohary, E. (2010). Topographic Representation of the Human Body in the Occipitotemporal Cortex. *Neuron*, 68(3), 586-600. doi:<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.09.032>
- Papathanasiou, I., Coppens, P., & Davidson, B. (2017). Aphasia and related neurogenic communication disorders: basic concepts, management, and efficacy. In I. Papathanasiou & P. Coppens (Eds.), *Aphasia and related neurogenic communication disorders* (pp. 3 - 14): Jones & Bartlett Learning.
- Parkinson, B. R., Raymer, A., Chang, Y. L., Fitzgerald, D. B., & Crosson, B. (2009). Lesion characteristics related to treatment improvement in object and action naming for patients with chronic aphasia. *Brain Lang*, 110(2), 61-70. doi:10.1016/j.bandl.2009.05.005
- Papeo, L., Cecchetto, C., Mazzon, G., Granello, G., Cattaruzza, T., Verriello, L., ... & Rumiati, R. I. (2015). The processing of actions and action-words in amyotrophic lateral sclerosis patients. *Cortex*, 64, 136-147.

- Peran, P., Rascol, O., Demonet, J. F., Celsis, P., Nespoulous, J. L., Dubois, B., & Cardebat, D. (2003). Deficit of verb generation in nondemented patients with Parkinson's disease. *Mov Disord*, *18*(2), 150-156. doi:10.1002/mds.10306
- Piérart, B., & Chevrie-Muller, C. (2005). *Le langage de l'enfant: Comment l'évaluer ?*: De Boeck Université.
- Pillon, A., & de Partz, M.-P. (2003). Aphasies. In P. Mardaga (Ed.), *Troubles du langage, bases théoriques, diagnostic et rééducation* (pp. 659-699). Liège: Mardaga.
- Pulvermuller, F. (1999). Words in the brain's language. *Behav Brain Sci*, *22*(2), 253-279; discussion 280-336. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11301524>
- Pulvermuller, F. (2005). Brain mechanisms linking language and action. *Nat Rev Neurosci*, *6*(7), 576-582. doi:10.1038/nrn1706
- Pulvermuller, F. (2018). Neural reuse of action perception circuits for language, concepts and communication. *Prog Neurobiol*, *160*, 1-44. doi:10.1016/j.pneurobio.2017.07.001
- Pulvermüller, F. (2012). Meaning and the brain: The neurosemantics of referential, interactive, and combinatorial knowledge. *Journal of Neurolinguistics*, *25*(5), 423-459. doi:10.1016/j.jneuroling.2011.03.004
- Pulvermuller, F., & Berthier, M. L. (2008). Aphasia therapy on a neuroscience basis. *Aphasiology*, *22*(6), 563-599. doi:10.1080/02687030701612213
- Pulvermuller, F., Preissl, H., Lutzenberger, W., & Birbaumer, N. (1996). Brain rhythms of language: nouns versus verbs. *Eur J Neurosci*, *8*(5), 937-941. doi:10.1111/j.1460-9568.1996.tb01580.x
- Quique, Y. M., Evans, W. S., & Dickey, M. W. (2018). Acquisition and generalization responses in aphasia naming treatment: a meta-analysis of Semantic Feature Analysis outcomes. *American journal of speech-language pathology*, *28*(1S), 230-246.
- Raymer. (2008). Translational Research in Aphasia: From neuroscience to Neurorehabilitation. Retrieved from
- Raymer, A. M., Ciampitti, M., Holliway, B., Singletary, F., Blonder, L. X., Ketterson, T., . . . Rothi, L. J. (2007). Semantic-phonologic treatment for noun and verb retrieval impairments in aphasia. *Neuropsychol Rehabil*, *17*(2), 244-270. doi:10.1080/09602010600814661
- Raymer, A. M., Singletary, F., Rodriguez, A., Ciampitti, M., Heilman, K. M., & Rothi, L. J. (2006). Effects of gesture+verbal treatment for noun and verb retrieval in aphasia. *J Int Neuropsychol Soc*, *12*(6), 867-882. doi:10.1017/S1355617706061042
- Riccardi, N., Yourganov, G., Rorden, C., Fridriksson, J., & Desai, R. H. (2019). Dissociating action and abstract verb comprehension post-stroke. *Cortex*, *120*, 131-146. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cortex.2019.05.013>
- Rizzolatti, G. (2005). The mirror neuron system and its function in humans. *Anat Embryol (Berl)*, *210*(5-6), 419-421. doi:10.1007/s00429-005-0039-z
- Rizzolatti, G., & Arbib, M. A. (1998). Language within our grasp. *Trends in Neurosciences*, *21*(5), 188-194. doi:10.1016/s0166-2236(98)01260-0
- Rizzolatti, G., Fadiga, L., Matelli, M., Bettinardi, V., Paulesu, E., Perani, D., & Fazio, F. (1996). Localization of grasp representations in humans by PET: 1. Observation versus execution. *Exp Brain Res*, *111*(2), 246-252. doi:10.1007/bf00227301
- Rizzolatti, G., Fogassi, L., & Gallese, V. (2001). Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nat Rev Neurosci*, *2*(9), 661-670. doi:10.1038/35090060

- Rizzolatti, G., & Luppino, G. (2001). The cortical motor system. *Neuron*, 31(6), 889-901. doi:10.1016/s0896-6273(01)00423-8
- Robey, R. R. (1994). The efficacy of treatment for aphasic persons: a meta-analysis. *Brain and language*, 47(4), 582-608.
- Robey, R. R. (1998). A meta-analysis of clinical outcomes in the treatment of aphasia. *J Speech Lang Hear Res*, 41(1), 172-187. doi:10.1044/jslhr.4101.172
- Robey, R. R. (2004). A five-phase model for clinical-outcome research. *J Commun Disord*, 37(5), 401-411. doi:10.1016/j.jcomdis.2004.04.003
- Rocca, M. A., Fumagalli, S., Pagani, E., Gatti, R., Riccitelli, G. C., Preziosa, P., . . . Filippi, M. (2017). Action observation training modifies brain gray matter structure in healthy adult individuals. *Brain Imaging and Behavior*, 11(5), 1343-1352. doi:10.1007/s11682-016-9625-3
- Rodriguez, A. D., Raymer, A. M., & Gonzalez Rothi, L. J. (2006). Effects of gesture+verbal and semantic-phonologic treatments for verb retrieval in aphasia. *Aphasiology*, 20(2-4), 286-297. doi:10.1080/02687030500474898
- Rofes, A., Capasso, R., & Miceli, G. (2015). Verb production tasks in the measurement of communicative abilities in aphasia. *J Clin Exp Neuropsychol*, 37(5), 483-502. doi:10.1080/13803395.2015.1025709
- Rosch, E., & al. (1976). Basic Objects in Natural Categories. *Cognitive Psychology*, 8, 382-439.
- Rose, M., & Sussmilch, G. (2008). The effects of semantic and gesture treatments on verb retrieval and verb use in aphasia. *Aphasiology*, 22(7-8), 691-706. doi:10.1080/02687030701800800
- Rose, M. L. (2013). Releasing the Constraints on Aphasia Therapy: The Positive Impact of Gesture and Multimodality Treatments. *American journal of speech-language pathology*, 22(2), S227-S239. doi:10.1044/1058-0360(2012/12-0091)
- Routhier, S., Bier, N., & Macoir, J. (2015). The contrast between cueing and/or observation in therapy for verb retrieval in post-stroke aphasia. *Journal of communication disorders*, 54, 43-55.
- Routhier, S., Bier, N., & Macoir, J. (2016). Smart tablet for smart self-administered treatment of verb anomia: two single-case studies in aphasia. *Aphasiology*, 30(2-3), 269-289. doi:10.1080/02687038.2014.973361
- Rueschemeyer, S.-A., Ekman, M., van Ackeren, M., & Kilner, J. (2014). Observing, Performing, and Understanding Actions: Revisiting the Role of Cortical Motor Areas in Processing of Action Words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 26(8), 1644-1653. doi:10.1162/jocn_a_00576
- Sackett, D. L. (1997). Evidence-based medicine. *Seminars in Perinatology*, 21(1), 3-5. doi:10.1016/s0146-0005(97)80013-4
- Saur, D., Kreher, B. W., Schnell, S., Kummerer, D., Kellmeyer, P., Vry, M. S., . . . Weiller, C. (2008). Ventral and dorsal pathways for language. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 105(46), 18035-18040. doi:10.1073/pnas.0805234105
- Saur, D., Lange, R., Baumgaertner, A., Schraknepper, V., Willmes, K., Rijntjes, M., & Weiller, C. (2006). Dynamics of language reorganization after stroke. *Brain*, 129(6), 1371-1384.
- Schwitler, V., Boyer, B., Meot, A., Bonin, P., & Laganaro, M. (2004). French normative data and naming times for action pictures. *Behav Res Methods Instrum Comput*, 36(3), 564-576. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15641445>

- Solodkin, A., Hlustik, P., Chen, E. E., & Small, S. L. (2004). Fine modulation in network activation during motor execution and motor imagery. *Cereb Cortex*, *14*(11), 1246-1255. doi:10.1093/cercor/bhh086
- Stahl, B., Mohr, B., Büscher, V., Dreyer, F. R., Lucchese, G., & Pulvermüller, F. (2018). Efficacy of intensive aphasia therapy in patients with chronic stroke: a randomised controlled trial. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, *89*(6), 586. doi:10.1136/jnnp-2017-315962
- Sulpizio, V., Committeri, G., Lambrey, S., Berthoz, A., & Galati, G. (2013). Selective role of lingual/parahippocampal gyrus and retrosplenial complex in spatial memory across viewpoint changes relative to the environmental reference frame. *Behavioural Brain Research*, *242*, 62-75. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bbr.2012.12.031>
- Taub, E., Uswatte, G., & Elbert, T. (2002). New treatments in neurorehabilitation founded on basic research. *Nat Rev Neurosci*, *3*(3), 228-236. doi:10.1038/nrn754
- Tesnière, L. (1959). *Eléments de syntaxe structurale*.
- Tettamanti, M., Buccino, G., Saccuman, M. C., Gallese, V., Danna, M., Scifo, P., . . . Perani, D. (2005). Listening to action-related sentences activates fronto-parietal motor circuits. *J Cogn Neurosci*, *17*(2), 273-281. doi:10.1162/0898929053124965
- Thompson, C. K. (2006). Single subject controlled experiments in aphasia: the science and the state of the science. *J Commun Disord*, *39*(4), 266-291. doi:10.1016/j.jcomdis.2006.02.003
- Thompson, C. K., Ballard, K. J., Tait, M. E., Weintraub, S., & Mesulam, M. M. (1997). Patterns of language decline in non-fluent primary progressive aphasia. *Aphasiology*, *11*(null), 297.
- Thompson, C. K., & den Ouden, D.-B. (2008). Neuroimaging and recovery of language in aphasia. *Current neurology and neuroscience reports*, *8*(6), 475. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3079407/pdf/nihms258573.pdf>
- Tomasino, B., & Rumiati, R. I. (2013). At the mercy of strategies: the role of motor representations in language understanding. *Frontiers in psychology*, *4*.
- Tomasino, B., Weiss, P. H., & Fink, G. R. (2010). To move or not to move: imperatives modulate action-related verb processing in the motor system. *Neuroscience*, *169*(1), 246-258. doi:10.1016/j.neuroscience.2010.04.039
- Tranel, D., Kemmerer, D., Adolphs, R., Damasio, H., & Damasio, A. R. (2003). Neural correlates of conceptual knowledge for actions. *Cognitive Neuropsychology*, *20*(3-6), 409-432. doi:10.1080/02643290244000248
- Tremblay, P., & Small, S. L. (2011). From Language Comprehension to Action Understanding and Back Again. *Cerebral Cortex*, *21*(5), 1166-1177. doi:10.1093/cercor/bhq189
- Vallila-Rohter, S., & Kiran, S. (2013). Non-linguistic learning and aphasia: Evidence from a paired associate and feedback-based task. *Neuropsychologia*, *51*(1), 79-90. doi:<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.10.024>
- Vannuscorps, G. (2012). *Batterie d'aide au diagnostic cognitif des troubles lexicaux pour les noms et les verbes chez la personne aphasique*.
- Varela, F., Thompson, E., & Rosch, E. (1993). *L'inscription corporelle de l'esprit. Paris, Seuil*.
- Varela, T., & Thompson, E. (1991). Rosch. *The Embodied Mind*, 205.
- Versace, R., Brouillet, D., & Vallet, G. (2018). *Cognition incarnée: Une cognition située et projetée*: Mardaga.

- Viader, F. (2015). La classification des aphasies: un bref historique. *Revue de neuropsychologie*, 7(1), 5-14.
- Vigliocco, G., Vinson, D. P., Druks, J., Barber, H., & Cappa, S. F. (2011). Nouns and verbs in the brain: a review of behavioural, electrophysiological, neuropsychological and imaging studies. *Neurosci Biobehav Rev*, 35(3), 407-426. doi:10.1016/j.neubiorev.2010.04.007
- Vitali, P., Abutalebi, J., Tettamanti, M., Danna, M., Ansaldo, A. I., Perani, D., . . . Cappa, S. F. (2007). Training-induced brain remapping in chronic aphasia: a pilot study. *Neurorehabil Neural Repair*, 21(2), 152-160. doi:10.1177/1545968306294735
- Wallace, S. J., Worrall, L., Rose, T., Le Dorze, G., Breitenstein, C., Hilari, K., . . . Cherney, L. R. (2019). A core outcome set for aphasia treatment research: The ROMA consensus statement. *International journal of stroke*, 14(2), 180-185.
- Wambaugh, J. L., Cameron, R., Kalinyak-Fliszar, M., Nessler, C., & Wright, S. (2004). Retrieval of action names in aphasia: Effects of two cueing treatments. *Aphasiology*, 18(11), 979-1004.
- Wambaugh, J. L., Doyle, P. J., Martinez, A. L., & Kalinyak-Fliszar, M. (2002). Effects of two lexical retrieval cueing treatments on action naming in aphasia. *J Rehabil Res Dev*, 39(4), 455-466. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17638143>
- Wambaugh, J. L., & Ferguson, M. (2007). Application of semantic feature analysis to retrieval of action names in aphasia. *J Rehabil Res Dev*, 44(3), 381-394. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18247235>
- Wambaugh, J. L., Linebaugh, C. W., Doyle, P. J., Martinez, A. L., Kalinyak-Fliszar, M., & Spencer, K. A. (2001). Effects of two cueing treatments on lexical retrieval in aphasic speakers with different levels of deficit. *Aphasiology*, 15(10-11), 933-950.
- Watila, M. M., & Balarabe, S. A. (2015). Factors predicting post-stroke aphasia recovery. *J Neurol Sci*, 352(1-2), 12-18. doi:10.1016/j.jns.2015.03.020
- Webster, J., & Whitworth, A. (2012). Treating verbs in aphasia: exploring the impact of therapy at the single word and sentence levels. *Int J Lang Commun Disord*, 47(6), 619-636. doi:10.1111/j.1460-6984.2012.00174.x
- Webster, J., Whitworth, A., & Morris, J. (2015). Is it time to stop “fishing”? A review of generalisation following aphasia intervention. *Aphasiology*(ahead-of-print), 1-25.
- Wielgosz, A., Arango, M., Carew, M., Ferguson, A., Johansen, H., & Nair, C. (1999). The Changing Face of Heart Disease and Stroke in Canada, 2000. *Ottawa: Heart and Stroke Foundation of Canada*.
- Wierenga, C. E., Maher, L. M., Moore, A. B., White, K. D., McGregor, K., Soltysik, D. A., . . . Crosson, B. (2006). Neural substrates of syntactic mapping treatment: an fMRI study of two cases. *J Int Neuropsychol Soc*, 12(1), 132-146. doi:10.1017/S135561770606019X
- Willenbockel, V., Sadr, J., Fiset, D., Horne, G. O., Gosselin, F., & Tanaka, J. W. (2010). Controlling low-level image properties: the SHINE toolbox. *Behav Res Methods*, 42(3), 671-684. doi:10.3758/BRM.42.3.671
- Winhuisen, L., Thiel, A., Schumacher, B., Kessler, J., Rudolf, J., Haupt, W. F., & Heiss, W. D. (2005). Role of the contralateral inferior frontal gyrus in recovery of language function in poststroke aphasia: a combined repetitive transcranial magnetic stimulation and positron emission tomography study. *Stroke*, 36(8), 1759-1763. doi:10.1161/01.STR.0000174487.81126.ef
- Worrall, L., & Holland, A. (2003). Quality of life in aphasia. *Aphasiology*, 17(4), 329-332.

- Worrall, L., Sherratt, S., Rogers, P., Howe, T., Hersh, D., Ferguson, A., & Davidson, B. (2010). What people with aphasia want: Their goals according to the ICF. *Aphasiology*, 25(3), 309-322. doi:10.1080/02687038.2010.508530
- Zingeser, L. B., & Berndt, R. S. (1990). Retrieval of nouns and verbs in agrammatism and anomia. *Brain Lang*, 39(1), 14-32. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2207618>
- Zumbansen, A., Peretz, I., Anglade, C., Bilodeau, J., Généreux, S., Hubert, M., & Hébert, S. (2017). Effect of choir activity in the rehabilitation of aphasia: a blind, randomised, controlled pilot study. *Aphasiology*, 31(8), 879-900. doi:10.1080/02687038.2016.1227424

Annexes

Annexe 1 Classification des aphasies	2
Annexe 2 Liste des verbes utilisés dans les trois études et de leurs caractéristiques psycholinguistiques	4
Annexe 3 Livret explicatif du déroulement de la séance d'IRM remis au participant.....	10
Annexe 4 FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT.....	16
Annexe 5 Affiche de recrutement pour les participants âgés	23
Annexe 6 Affiche de recrutement pour les participants avec aphasie	24

Annexe 1 Classification des aphasies

L'aphasie apparaît comme l'un des syndromes neurologiques ayant suscité le plus de tentatives de classifications (Viader, 2015). Celle **la plus utilisée de nos jours** est la classification proposée par Goodglass et Kaplan (Harold Goodglass & Kaplan, 1972). Ces auteurs ont développé une des premières batteries d'évaluation de l'aphasie : le *Boston Diagnostic Aphasia Examination*, permettant le diagnostic du type d'aphasie, qui reste l'une des batteries les plus utilisées dans le monde encore à ce jour (H Goodglass & Kaplan, 1983). Même si les classifications des aphasies sont remises en question (Kasselimis, Simos, Peppas, Evdokimidis, & Potagas, 2017), elles présentent l'avantage d'utiliser un répertoire commun en clinique et en recherche permettant donc un échange clair selon le type d'aphasie ciblé.

Suivant cette classification, Helm-Estabrooks et Albert (2004) ont proposé un schéma, librement traduit et proposé en Figure 1. Ce schéma permet de classer les aphasies selon les capacités en fluence, en compréhension et en répétition. Soulignons ici que, parmi tous les symptômes présentés dans l'aphasie, le symptôme invariablement présent est **l'anomie**. Puis, une distinction s'opère entre deux grands types d'aphasie : les aphasies fluentes et les aphasies non fluentes, le critère de fluence désignant la capacité à produire de façon plus ou moins fluide des énoncés.

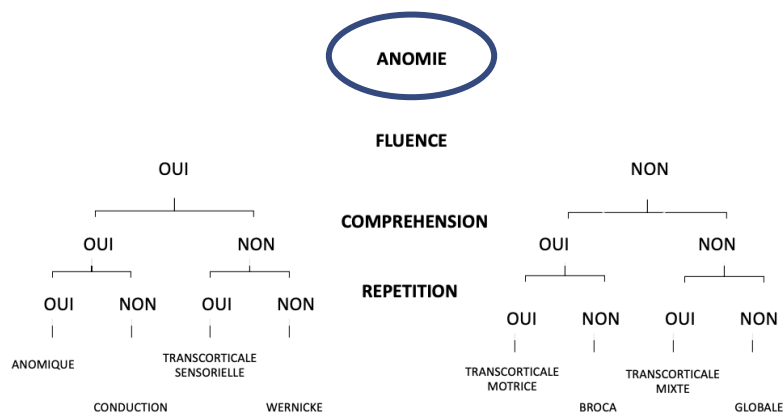


Figure 1: Adaptation française de la classification de Estabrooks et Albert (2004)

Parmi les aphasies fluentes, on retrouve l'aphasie de Wernicke, transcorticale sensorielle, de conduction et anomique. Brièvement, *l'aphasie de Wernicke* est la plus typique des aphasies fluentes, se caractérisant par une expression fluente, le plus souvent logorrhéique, avec présence de trouble de la compréhension et de la répétition. La personne atteinte d'aphasie de Wernicke produit des paraphrasies phonémiques et des

néologismes, c'est-à-dire des mots n'existant pas mais étant phonologiquement plausibles pouvant aller jusqu'au jargon. L'aphasie de Wernicke est généralement associée à des lésions du lobe temporal. *L'aphasie transcorticale sensorielle* se caractérise par un discours fluent et une répétition préservée, mais une atteinte importante de la compréhension et la production de nombreuses paraphrasies sémantiques et verbales. Une lésion à la jonction temporo-occipitale avec extension jusqu'au thalamus serait impliquée dans cette aphasie. *L'aphasie de conduction* se manifeste par un discours fluent émaillé de paraphrasies phonémiques. La personne avec aphasie de conduction a des difficultés de répétition, caractérisée par des conduites d'approche, tout en ayant de bonnes capacités de compréhension. L'aphasie de conduction serait associée à deux types de lésions : une lésion du faisceau arqué reliant l'aire de Broca à l'aire de Wernicke, ainsi qu'une lésion insulaire et du cortex auditif. Enfin, l'aphasie anomique se manifeste par un manque du mot isolé alors que la compréhension et la répétition sont préservées. La lésion dans ce type d'aphasie peut se situer dans différentes aires cérébrales.

Les aphasies non fluentes comptent l'aphasie de Broca, transcorticale motrice, transcorticale mixte et globale. *L'aphasie de Broca* est la plus typique des aphasies non fluentes se manifestant par une expression orale réduite, un agrammatisme, une atteinte de la répétition, avec une préservation de la compréhension. Une apraxie de la parole (ou trouble arthrique) est le plus souvent associée à une aphasie de Broca. L'aphasie de Broca survient généralement suite à une lésion du cortex frontal inférieur gauche. *L'aphasie transcorticale motrice* est caractérisée par un manque d'initiative verbale, alors que la compréhension et la répétition sont préservées. Cette aphasie se retrouve suite à une lésion dans les aires préfrontales, de l'aire motrice supplémentaire ou des noyaux gris centraux dans l'hémisphère gauche. L'aphasie transcorticale mixte se caractérise principalement par une expression réduite avec écholalie et des troubles de la compréhension. Cette aphasie est associée à une lésion généralement étendue, touchant les aires antérieures et postérieures, mais épargnant les aires de Broca et de Wernicke. Enfin, dans l'aphasie globale, l'expression et la compréhension orales et écrites sont sévèrement atteintes et réduites. Cette aphasie est associée à une lésion étendue au niveau cortical pouvant toucher plusieurs lobes cérébraux dans l'hémisphère gauche.

Annexe 2 Liste des verbes utilisés dans les trois études et de leurs caractéristiques psycholinguistiques

Verbe	Ecriture phonologique	Frequence films	Nombre de phonèmes	Structure syllabique (C=consonne V=voyelle)	Syllabes	Nombre de syllabes	Enchaînement phonologique	Valence définie selon les vidéos Cotation : sujet = 1 objet =2 destinataire=3	Imageabilité
1 accrocher	akRoSe	10,46	6	VCCVCV	a-kRo-Se	3	V-CCV-CV	2	5,09
2 acheter	aS°te	115,27	5	VCVCV	a-S°-te	3	V-CV-CV	3	3,97
3 afficher	afiSe	2,06	5	VCVCV	a-fi-Se	3	V-CV-CV	2	4,64
4 aider	ede	362,77	3	VCV	e-de	2	V-CV	2	4,74
5 allumer	alyme	11,98	5	VCVCV	a-ly-me	3	V-CV-CV	2	4,90
6 applaudir	aplodiR	3,16	7	VCCVCVC	a-plo-diR	3	V-CCV-CVC	1	2,80
7 appuyer	ap8ije	9,78	6	VCYVYV	a-p8i-je	3	V-CYV-YV	1	3,64
8 arroser	aRoze	5,53	5	VCVCV	a-Ro-ze	3	V-CV-CV	2	4,48
9 attraper	atRape	35,32	6	VCCVCV	a-tRa-pe	3	V-CCV-CV	2	4,91
10 ausculter	oskylte	0,57	7	VCCVCCV	os-kyl-te	3	VC-CVC-CV	2	4,01
11 bailler	baje	0,21	4	CVYV	ba-je	2	CV-YV	1	3,16
12 balayer	baleje	3,4	6	CVCVYV	ba-le-je	3	CV-CV-YV	2	4,04
13 bêcher	beSe	0,36	4	CVCV	be-Se	2	CV-CV	2	3,72
14 bercer	bERse	1,17	5	CVCCV	bER-se	2	CVC-CV	2	3,91
15 boire	bwaR	142,15	4	CYVC	bwaR	1	CYVC	2	4,48
16 brancher	bR@Se	4,4	5	CCVCV	bR@-Se	2	CCV-CV	2	5,03
17 bronzer	bR§ze	1,88	5	CCVCV	bR§-ze	2	CCV-CV	1	4,40
18 calculer	kalkyle	3,09	7	CVCCVCV	kal-ky-le	3	CVC-CV-CV	1	3,41
19 caresser	kaRese	5,66	6	CVCVCV	ka-Re-se	3	CV-CV-CV	2	4,57
20 casser	kase	36,24	4	CVCV	ka-se	2	CV-CV	2	4,84
21 chanter	S@te	48,12	4	CVCV	S@-te	2	CV-CV	1	4,54
22 chatouiller	Satuje	0,85	6	CVCVYV	Sa-tu-je	3	CV-CV-YV	2	2,50
23 chercher	SERSe	341,01	5	CVCCV	SER-Se	2	CVC-CV	2	4,16

Verbe	Ecriture phonologique	Frequence films	Nombre de phonèmes	Structure syllabique (C=consonne V=voyelle)	Syllabes	Nombre de syllabes	Enchaînement phonologique	Valence définie selon les vidéos Cotation : sujet = 1 objet =2 destinataire=3	Imageabilité	
24	chuchoter	SySote	1,46	6	CVCVCV	Sy-So-te	3	CV-CV-CV	3	na
25	classer	klase	2,02	5	CCVCV	kla-se	2	CCV-CV	2	3,89
26	clouer	klue	1,4	4	CCVV	klu-e	2	CCV-V	2	5,67
27	coiffer	kwafe	2,67	5	CYVCV	kwa-fe	2	CYV-CV	2	3,42
28	coller	kole	10,33	4	CVCV	ko-le	2	CV-CV	2	5,22
29	colorier	koloRje	0,25	7	CVCVCYV	ko-lo-Rje	3	CV-CV-CYV	2	4,71
30	compter	kʂte	45,05	4	CVCV	kʂ-te	2	CV-CV	2	3,92
31	conduire	kʂd8iR	60,56	6	CVCYVC	kʂ-d8iR	2	CV-CYVC	2	3,40
32	coudre	kudR	4,83	4	CVCC	kudR	1	CVCC	2	3,93
33	couper	kupe	41,45	4	CVCV	ku-pe	2	CV-CV	2	4,97
34	courir	kuRiR	47,19	5	CVCVC	ku-RiR	2	CV-CVC	1	3,10
35	crier	kRije	31,49	5	CCVYV	kRi-je	2	CCV-YV	1	3,88
36	cueillir	k9jiR	6,26	5	CVYVC	k9-jiR	2	CV-YVC	2	3,94
37	cuisiner	k8izine	11,99	7	CYVCVCV	k8i-zi-ne	3	CYV-CV-CV	2	4,89
38	danser	d@se	70,06	4	CVCV	d@-se	2	CV-CV	1	5,17
39	déboucher	debuSe	0,78	6	CVCVCV	de-bu-Se	3	CV-CV-CV	2	5,02
40	débrancher	debR@Se	2,27	7	CVCCVCV	de-bR@-Se	3	CV-CCV-CV	2	na
41	déchirer	deSiRe	4,27	6	CVCVCV	de-Si-Re	3	CV-CV-CV	2	5,36
42	découper	dekupe	4,36	6	CVCVCV	de-ku-pe	3	CV-CV-CV	2	5,34
43	demander	d°m@de	188,86	6	CVCVCV	d°-m@-de	3	CV-CV-CV	3	4,45
44	descendre	des@dR	65,28	6	CVCVCC	de-s@dR	2	CV-CVCC	1	3,98
45	donner	done	233,3	4	CVCV	do-ne	2	CV-CV	3	4,06
46	dormir	dORmiR	160,77	6	CVCCVC	dOR-miR	2	CVC-CVC	1	4,47
47	dribbler	dRible	0,2	6	CCVCCV	dRi-ble	2	CCV-CCV	1	na

Verbe	Écriture phonologique	Fréquence films	Nombre de phonèmes	Structure syllabique (C=consonne V=voyelle)	Syllabes	Nombre de syllabes	Enchaînement phonologique	Valence définie selon les vidéos Cotation : sujet = 1 objet =2 destinataire=3	Imageabilité
48 écouter	ekute	73,13	5	VCVCV	e-ku-te	3	V-CV-CV	2	4,24
49 écraser	ekRaze	16,75	6	VCCVCV	e-kRa-ze	3	V-CCV-CV	2	4,99
50 écrire	ekRiR	84,14	5	VCCVC	e-kRiR	2	V-CCVC	2	4,25
51 effacer	efase	10,05	5	VCVCV	e-fa-se	3	V-CV-CV	2	2,56
52 embrasser	@bRase	43,91	6	VCCVCV	@-bRa-se	3	V-CCV-CV	2	5,32
53 entrer	@tRe	160,13	4	VCCV	@-tRe	2	V-CCV	1	4,80
54 essuyer	es8ije	3,39	6	VCYVYV	e-s8i-je	3	V-CYV-YV	2	3,79
55 éteindre	et5dR	14,48	5	VCVCC	e-t5dR	2	V-CVCC	2	3,97
56 éternuer	etERn8e	1,02	7	VCVCCYV	e-tER-n8e	3	V-CVC-CYV	1	1,72
57 étudier	etydje	26,86	6	VCVCCYV	e-ty-dje	3	V-CV-CYV	1	4,87
58 fermer	fERme	48,85	5	CVCCV	fER-me	2	CVC-CV	2	4,55
59 ficeler	fis°le	0,17	6	CVCVCV	fi-s°-le	3	CV-CV-CV	2	4,59
60 filmer	filme	12,89	5	CVCCV	fil-me	2	CVC-CV	2	4,36
61 flotter	flote	3,16	5	CCVCV	flo-te	2	CCV-CV	1	3,86
62 fouetter	fwete	2,27	5	CYVCV	fwe-te	2	CYV-CV	2	5,28
63 frapper	fRape	37,08	5	CCVCV	fRa-pe	2	CCV-CV	1	5,05
64 frotter	fRote	4,01	5	CCVCV	fRo-te	2	CCV-CV	2	5,14
65 fumer	fyme	35,91	4	CVCV	fy-me	2	CV-CV	2	4,68
66 gonfler	g\$fle	3,17	5	CVCCV	g\$-fle	2	CV-CCV	2	3,95
67 gratter	gRate	5,03	5	CCVCV	gRa-te	2	CCV-CV	2	5,02
68 grimper	gR5pe	7,48	5	CCVCV	gR5-pe	2	CCV-CV	1	5,00
69 jeter	Z°te	59,28	4	CVCV	Z°-te	2	CV-CV	2	4,17
70 jongler	Z\$gle	0,83	5	CVCCV	Z\$-gle	2	CV-CCV	1	3,72
71 jouer	Zwe	225,84	3	CYV	Zwe	1	CYV	2	5,15

Verbe	Ecriture phonologique	Frequence films	Nombre de phonèmes	Structure syllabique (C=consonne V=voyelle)	Syllabes	Nombre de syllabes	Enchaînement phonologique	Valence définie selon les vidéos Cotation : sujet = 1 objet =2 destinataire=3	Imageabilité	
72	jurer	ZyRe	7,58	4	CVCV	Zy-Re	2	CV-CV	1	3,27
73	lacer	lase	0,56	4	CVCV	la-se	2	CV-CV	2	5,06
74	laver	lave	34,01	4	CVCV	la-ve	2	CV-CV	2	4,95
75	lire	liR	89,58	3	CVC	liR	1	CVC	2	4,33
76	manger	m@Ze	207,63	4	CVCV	m@-Ze	2	CV-CV	2	5,32
77	marcher	maRSe	85,34	5	CVCCV	maR-Se	2	CVC-CV	1	4,25
78	mesurer	m°zyRe	6,63	6	CVCVCV	m°-zy-Re	3	CV-CV-CV	2	3,69
79	modeler	mod°le	1,16	6	CVCVCV	mo-d°-le	3	CV-CV-CV	2	3,43
80	monter	m§te	85,7	4	CVCV	m§-te	2	CV-CV	1	5,06
81	montrer	m§tRe	136,2	5	CVCCV	m§-tRe	2	CV-CCV	3	4,01
82	nager	naZe	18,71	4	CVCV	na-Ze	2	CV-CV	1	4,93
83	nettoyer	netwaje	30,28	7	CVCYVYV	ne-twa-je	3	CV-CYV-YV	2	4,95
84	offrir	ofRiR	52,06	5	VCCVC	o-fRiR	2	V-CCVC	3	4,09
85	ouvrir	uvRiR	79,61	5	VCCVC	u-vRiR	2	V-CCVC	2	4,29
86	payer	peje	149,1	4	CVYV	pe-je	2	CV-YV	3	3,78
87	pêcher	peSe	9,04	4	CVCV	pe-Se	2	CV-CV	1	4,47
88	pédaler	pedale	0,37	6	CVCVCV	pe-da-le	3	CV-CV-CV	1	5,84
89	peigner	peNe	0,85	4	CVCV	pe-Ne	2	CV-CV	2	5,52
90	peindre	p5dR	12,75	4	CVCC	p5dR	1	CVCC	2	5,00
91	peler	p°le	0,44	4	CVCV	p°-le	2	CV-CV	2	4,91
92	percer	pERse	6,19	5	CVCCV	pER-se	2	CVC-CV	2	4,23
93	peser	p2ze	3,92	4	CVCV	p2-ze	2	CV-CV	2	2,76
94	pincer	p5se	4,06	4	CVCV	p5-se	2	CV-CV	2	3,52
95	pleurer	pl2Re	61,6	5	CCVCV	pl2-Re	2	CCV-CV	1	5,15

Verbe	Ecriture phonologique	Frequence films	Nombre de phonèmes	Structure syllabique (C=consonne V=voyelle)	Syllabes	Nombre de syllabes	Enchaînement phonologique	Valence définie selon les vidéos Cotation : sujet = 1 objet =2 destinataire=3	Imageabilité
96 plier	plije	5,02	5	CCVYV	pli-je	2	CCV-YV	2	3,64
97 plonger	plʒZe	9,36	5	CCVCV	plʒ-Ze	2	CCV-CV	1	4,43
98 porter	poRte	79,04	5	CVCCV	poR-te	2	CVC-CV	2	4,62
99 poster	pOste	2,51	5	CVCCV	pOs-te	2	CVC-CV	2	5,24
100 pousser	puse	27,51	4	CVCV	pu-se	2	CV-CV	2	4,20
101 presser	pRese	5,64	5	CCVCV	pRe-se	2	CCV-CV	2	3,43
102 prier	pRije	25,46	5	CCVYV	pRi-je	2	CCV-YV	1	4,01
103 ranger	R@Ze	14,95	4	CVCV	R@-Ze	2	CV-CV	2	4,69
104 raser	Raze	10,27	4	CVCV	Ra-ze	2	CV-CV	2	3,15
105 ratisser	Ratise	1,13	6	CVCVCV	Ra-ti-se	3	CV-CV-CV	2	5,50
106 regarder	R°gaRde	138,3	7	CVCVCCV	R°-gaR-de	3	CV-CVC-CV	2	4,35
107 remuer	R°m8e	6,38	5	CVCYV	R°-m8e	2	CV-CYV	2	5,05
108 repasser	R°pase	7,27	6	CVCVCV	R°-pa-se	3	CV-CV-CV	2	4,20
109 réveiller	Reveje	36,66	6	CVCVYV	Re-ve-je	3	CV-CV-YV	2	5,14
110 rire	RiR	63,29	3	CVC	RiR	1	CVC	1	4,91
111 saluer	sal8e	11,85	5	CVCYV	sa-l8e	2	CV-CYV	2	5,14
112 sauter	sote	57,89	4	CVCV	so-te	2	CV-CV	1	4,86
113 scier	sje	1,12	3	CYV	sje	1	CYV	2	4,14
114 secouer	s°kwe	4,5	5	CVCYV	s°-kwe	2	CV-CYV	2	4,95
115 semer	s°me	6,09	4	CVCV	s°-me	2	CV-CV	2	3,75
116 sentir	s@tiR	58,48	5	CVCVC	s@-tiR	2	CV-CVC	2	4,77
117 shooter	Sute	1,88	4	CVCV	Su-te	2	CV-CV	2	4,94
118 siffler	sifle	3,02	5	CVCCV	si-fle	2	CV-CCV	1	2,32
119 signer	siNe	29,25	4	CVCV	si-Ne	2	CV-CV	2	5,41

Verbe	Ecriture phonologique	Frequence films	Nombre de phonèmes	Structure syllabique (C=consonne V=voyelle)	Syllabes	Nombre de syllabes	Enchaînement phonologique	Valence définie selon les vidéos Cotation : sujet = 1 objet =2 destinataire=3	Imageabilité
120 soigner	swaNe	22,82	5	CYVCV	swa-Ne	2	CYV-CV	2	5,70
121 sonner	sone	11,77	4	CVCV	so-ne	2	CV-CV	1	3,59
122 sortir	sORtiR	285,45	6	CVCCVC	sOR-tiR	2	CVC-CVC	1	na
123 souffler	sufle	6,26	5	CVCCV	su-fle	2	CV-CCV	2	3,84
124 sourire	suRiR	12,31	5	CVCVC	su-RiR	2	CV-CVC	1	5,15
125 tailler	taje	2,93	4	CVYV	ta-je	2	CV-YV	2	5,34
126 téléphoner	telefone	20,22	8	CVCVCVCV	te-le-fo-ne	4	CV-CV-CV-CV	2	4,05
127 tirer	tiRe	113,71	4	CVCV	ti-Re	2	CV-CV	1	4,30
128 tordre	tORdR	2,77	5	CVCCC	tORdR	1	CVCCC	2	5,25
129 traverser	tRavERse	22,74	8	CCVCVCCV	tRa-vER-se	3	CCV-CVC-CV	2	3,50
130 tricoter	tRikote	1,37	7	CCVCVCV	tRi-ko-te	3	CCV-CV-CV	2	3,08
131 verser	vERse	4,62	5	CVCCV	vER-se	2	CVC-CV	2	3,95
132 viser	vize	5,87	4	CVCV	vi-ze	2	CV-CV	2	4,35
133 visser	visse	1,45	4	CVCV	vi-se	2	CV-CV	2	4,65
134 voter	vote	7,96	4	CVCV	vo-te	2	CV-CV	1	4,77

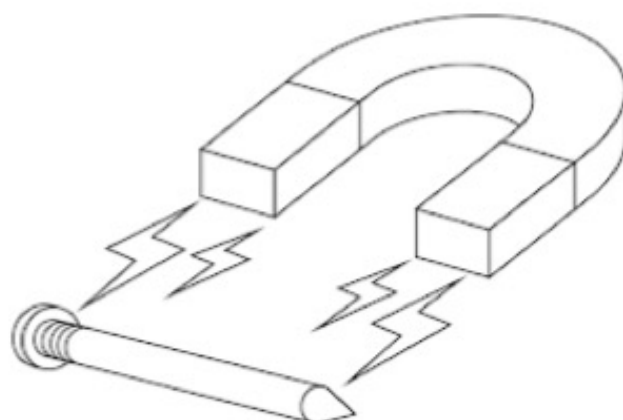
Cahier d'information

IRM

Projet Verbes

Edith Durand

IRM de recherche UNF



Equipe de l'UNF



Carollyn Hurst, R.T.R. (MR)
MRI Technologist



André Cyr, M.Ing., ing.
Technical Coordinator

Protocole IRM



Qu'est-ce qu'on fait?

1. Préparation



2. IRM anatomique



3. IRM fonctionnelle



4. Perfusion sanguine cérébrale



5. Imagerie par Diffusion



6. Imagerie au repos



Combien de temps ?



10 min

6 min

2x10 min

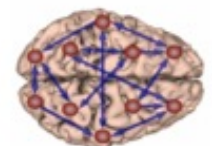
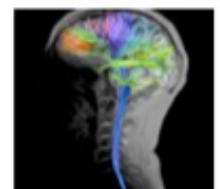
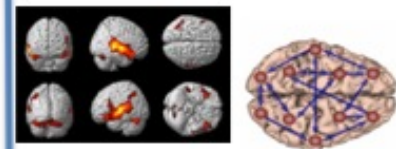
6 min

12 min

7 min

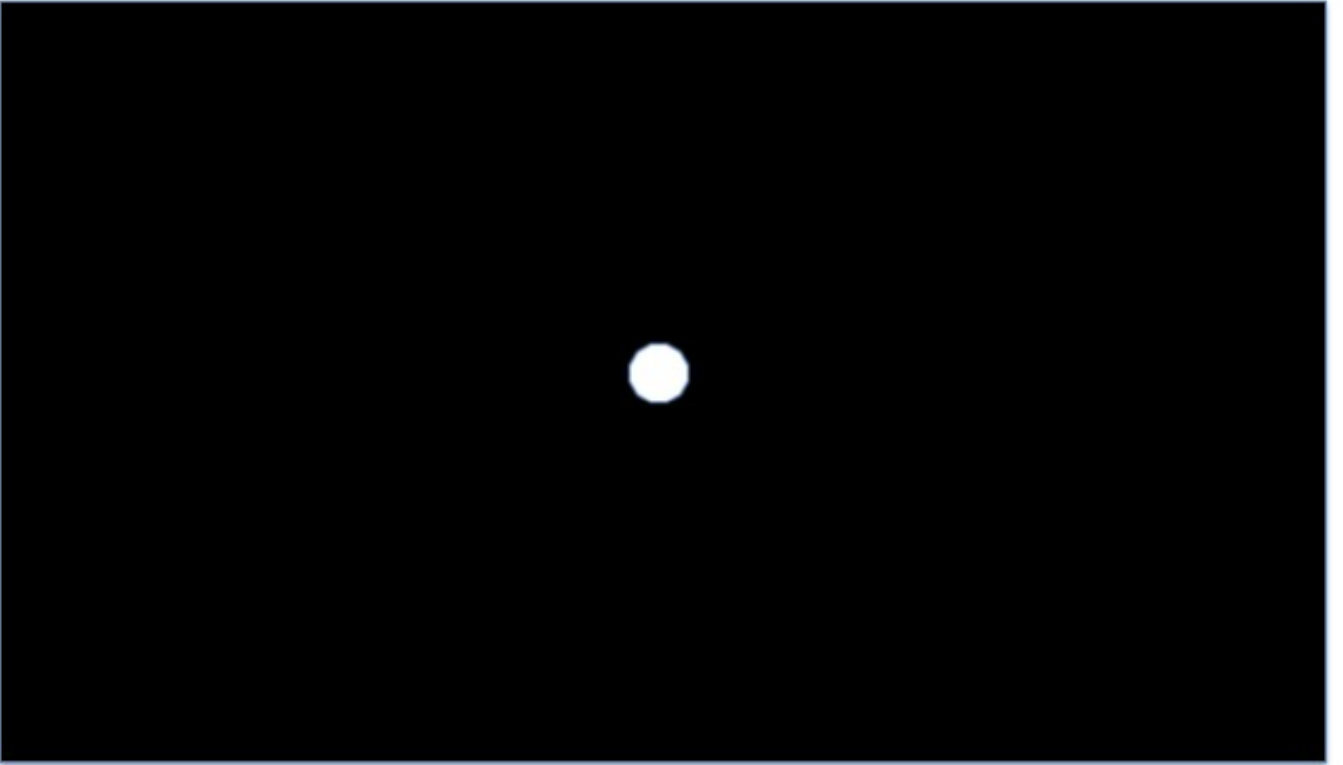
61 min

Pourquoi ?



TÂCHE DANS L'IRM





Annexe 4 Formulaire d'information et de consentement

Titre du projet de recherche:	Récupération de l'aphasie: application de la recherche à la clinique pour optimiser l'intervention auprès de personnes présentant une aphasie après un Accident Vasculaire Cérébral (AVC).
Chercheur responsable du projet :	Ana Inès ANSALDO, Ph. D. Directrice du laboratoire de plasticité cérébrale, communication et vieillissement au Centre de recherche de l'Institut Universitaire de Gériatrie de Montréal.
Membres de l'équipe de recherche :	Edith DURAND, Orthophoniste M.P.O. Candidate au doctorat en Sciences Biomédicales.
Organisme subventionnaire :	Fondation des maladies du cœur du Canada.

Préambule

Nous vous invitons à participer à un projet de recherche utilisant la neuroimagerie. Cependant, avant d'accepter de participer à ce projet et de signer ce formulaire d'information et de consentement, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent.

Ce formulaire peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles au chercheur responsable de ce projet de recherche ou à un membre de son personnel de recherche et à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui n'est pas clair.

Nature et objectifs du projet de recherche

L'aphasie est un trouble acquis du langage suite à une lésion cérébrale, qui a des conséquences sur la participation sociale des personnes atteintes. La récupération de l'aphasie dépend des mécanismes de plasticité cérébrale. La plasticité cérébrale désigne la capacité du cerveau à s'adapter et à se remodeler tout au long de la vie et notamment, suite à cet accident.

Dans ce projet de recherche, nous nous intéressons à l'efficacité d'une thérapie en orthophonie auprès de personnes présentant une aphasie. Ce projet de recherche, nous l'espérons, nous apportera une meilleure compréhension des effets de la thérapie du langage sur la plasticité cérébrale permettant ainsi de mieux cibler l'intervention orthophonique auprès des personnes présentant une aphasie pour la recherche d'une efficacité maximale.

Pour réaliser notre projet de recherche, nous recruterons 50 participants, hommes et femmes, âgés de 60 ans et plus. De ces 50 participants, 25 présenteront une aphasie depuis plus d'une année, suite à une lésion unique dans l'hémisphère gauche. Les 25 autres participants feront partie du groupe contrôle et ils seront appariés pour l'âge, le sexe et l'éducation au groupe de participants présentant une aphasie afin de comparer les deux groupes.

Qu'est-ce qu'une imagerie par résonance magnétique (IRM)?

L'imagerie par résonance magnétique réalisée en recherche, donne des images du corps, du cerveau ainsi que de leur fonctionnement.

L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle permet, quant à elle, de voir les zones du cerveau qui deviennent actives lorsqu'on demande à une personne d'effectuer une tâche. En effet, lorsque la personne

COMITÉ MIXTE D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE

effectue la tâche demandée, il y a une augmentation de l'arrivée de sang dans la partie du cerveau qui contrôle cette activité. L'arrivée du sang provoque un changement dans le signal émis par le cerveau et cette modification de signal peut être détectée par l'appareil.

Pour la réalisation de l'IRM, aucune substance ne sera injectée. Vous serez allongé sur un matelas qui sera lentement glissé dans un grand tube. Le tube est ouvert aux deux extrémités. Un système d'interphone vous permet de communiquer avec le technicien au besoin. Pour votre confort, nous vous demanderons de porter soit un casque d'écoute, soit des bouchons protecteurs qui seront installés dans vos oreilles, et ce, afin de diminuer les bruits importants qui sont émis par l'appareil. Pendant que l'appareil fonctionne, il est important de demeurer immobile. Pour ce faire, un coussinet sera placé autour de votre tête afin d'assurer votre immobilité.

Déroulement du projet de recherche

Ce projet de recherche se déroulera au Centre de recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal et comprend trois étapes.

I. Première étape – Évaluation avant la thérapie orthophonique

- a. Évaluation des fonctions cognitives et de la latéralité - Pour tous les participants. (Durée environ 60 minutes)

Quelques questionnaires pour évaluer votre mémoire et votre attention seront effectués. De plus, un questionnaire pour savoir si vous êtes droitiers ou gauchers vous sera proposé.

- b. Évaluation du langage - Pour les participants présentant une aphasie (Durée environ 60 minutes).

Nous procéderons à une évaluation du langage, afin d'évaluer plus précisément votre compréhension et votre capacité à nommer des mots, à produire des phrases, à tenir une conversation.

- c. Séance d'IRM - Pour tous les participants. (Durée environ 60 minutes)

Au cours des séances d'IRM, nous vous demanderons selon le moment approprié de dénommer une action observée sur une vidéo présentée sur un moniteur. Vous devrez dénommer l'action à haute voix et le plus vite et précisément possible.

II. Deuxième étape - Thérapie orthophonique pour les participants présentant une aphasie.

Lors de cette deuxième étape, les participants présentant une aphasie seront invités à participer à une thérapie orthophonique durant 6 semaines maximum à raison d'une session de 45 minutes 3 fois par semaine.

Lors des sessions de thérapie, nous vous demanderons de dénommer l'action correspondant à la vidéo présentant des actions, à haute voix et aussi vite et précisément que possible.

Un membre de l'équipe viendra vous chercher à chaque rencontre dans la salle d'accueil du centre.

III. Troisième étape - Évaluation après la thérapie orthophonique

- a. Évaluation des fonctions cognitives et évaluation du langage - Pour les participants présentant une aphasie. (Durée environ 60 minutes)

- b. Nous procéderons aux mêmes évaluations que celles décrites dans la première étape.

- c. Séance d'IRM - Pour tous les participants. (Durée environ 45 minutes)

Formulaire d'information et de consentement approuvé le 2 juillet 2013 par le Comité mixte d'éthique de la recherche du RNQ.

Version du 2 juillet 2013.

CMER RNQ 13-14 - 003 - majeur

Cette séance d'IRM aura lieu 6 semaines maximum après la première séance d'IRM.

Avantages associés au projet de recherche

Il se peut que vous retiriez un bénéfice personnel de votre participation à ce projet de recherche, mais nous ne pouvons vous l'assurer. Par ailleurs, les résultats obtenus contribueront à l'avancement des connaissances scientifiques dans ce domaine.

Inconvénients associés au projet de recherche

Les conditions imposées par l'utilisation de l'imagerie par résonance magnétique réalisée en recherche peuvent entraîner un inconfort du fait de devoir rester immobile et un inconfort pourrait également être associé au bruit qui est généré par le fonctionnement de l'appareil. Vous pourriez aussi ressentir un certain stress ou une sensation de claustrophobie.

Risques associés au projet de recherche

Selon les connaissances actuelles, votre participation à une imagerie par résonance magnétique réalisée en recherche ne vous fera courir aucun risque, sur le plan médical, si vous ne présentez aucune contre-indication.

À cause de la puissance du champ magnétique émis par l'appareil, il est nécessaire de prendre certaines précautions. C'est pourquoi vous devez obligatoirement remplir un questionnaire détaillé afin de détecter toute contre-indication, par exemple, la présence d'un stimulateur cardiaque, d'un clip d'anévrisme, de prothèse métallique, de prothèse ou clip valvulaire cardiaque, de présence de métal dans l'œil ou sur le corps, de tatouage, de piercing, de broches dentaires ou si vous souffrez de claustrophobie. La vérification rigoureuse de la présence de contre-indication sera assumée par le technologue en fonction à l'UNF.

Découverte fortuite

Les images acquises lors de l'imagerie par résonance magnétique réalisée en recherche ne font pas l'objet d'un examen médical systématique par un médecin. Cependant, elles peuvent mettre en évidence des problèmes jusque-là ignorés, c'est ce que l'on appelle une découverte fortuite. C'est pourquoi, en présence d'une particularité, le chercheur responsable du projet vous appellera.

Participation volontaire et possibilité de retrait

Votre participation à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser d'y participer. Vous pouvez également vous retirer de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raisons, en faisant connaître votre décision au chercheur responsable de ce projet de recherche ou à l'un des membres de son personnel de recherche.

Le chercheur responsable du projet de recherche, le Comité mixte d'éthique de la recherche du RNQ ou l'organisme subventionnaire peuvent mettre fin à votre participation, sans votre consentement, si de nouvelles découvertes ou informations indiquent que votre participation au projet n'est plus dans votre intérêt, si vous ne respectez pas les consignes du projet de recherche ou s'il existe des raisons administratives d'abandonner le projet.

Si vous vous retirez ou êtes retiré du projet, l'information déjà obtenue dans le cadre de ce projet sera conservée aussi longtemps que nécessaire pour se conformer aux exigences réglementaires.

Toute nouvelle connaissance acquise durant le déroulement du projet qui pourrait affecter votre décision

Formulaire d'information et de consentement approuvé le 2 juillet 2013 par le Comité mixte d'éthique de la recherche du RNQ.

Version du 2 juillet 2013.

CMER RNQ 13-14 - 003 - majeur

RNQ

COMITÉ MIXTE D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE

de continuer d'y participer vous sera communiquée sans délai verbalement et par écrit.

Confidentialité

Durant votre participation à ce projet, le chercheur responsable de ce projet de recherche ainsi que les membres de son personnel de recherche recueilleront, dans un dossier de recherche, les renseignements vous concernant. Seuls les renseignements nécessaires pour répondre aux objectifs scientifiques de ce projet seront recueillis.

Ces renseignements peuvent comprendre les informations concernant votre état de santé passé et présent, vos habitudes de vie ainsi que les résultats de tous les tests, examens et procédures qui seront réalisés. Votre dossier peut aussi comprendre d'autres renseignements tels que votre nom, votre sexe, votre date de naissance.

Tous les renseignements recueillis demeureront confidentiels dans les limites prévues par la loi. Afin de préserver votre identité et la confidentialité des renseignements, vous ne serez identifié que par un numéro de code. La clé du code reliant votre nom à votre dossier de recherche sera conservée par le chercheur responsable de ce projet de recherche.

Le chercheur responsable de ce projet de recherche utilisera les données à des fins de recherche dans le but de répondre aux objectifs scientifiques du projet décrits dans le formulaire d'information et de consentement.

Les données de recherche pourront être partagées avec les laboratoires du Dr Habib BENALI et du Dr Rick HOGÉ, collaborateurs dans ce projet. Ce transfert d'information implique que vos données de recherche pourraient être transmises dans d'autres pays que le Canada. Cependant, le chercheur responsable de ce projet de recherche respectera les règles de confidentialité en vigueur au Québec et au Canada, et ce, dans tous les pays.

Les données de recherche pourront être publiées dans des revues spécialisées ou faire l'objet de discussions scientifiques, mais il ne sera pas possible de vous identifier. Également, les données de recherche pourraient servir pour d'autres analyses de données reliées au projet ou pour l'élaboration de projets de recherches futurs. Par ailleurs, vos renseignements personnels, tels que votre nom ou vos coordonnées, seront conservés pendant 5 ans après la fin du projet par le chercheur responsable de ce projet de recherche et seront détruits par la suite.

À des fins de surveillance et de contrôle, votre dossier de recherche pourra être consulté par une personne mandatée par le Comité mixte d'éthique de la recherche du RNQ ou par l'établissement ou par une personne mandatée par des organismes publics autorisés. Toutes ces personnes et ces organismes adhèrent à une politique de confidentialité.

À des fins de protection, notamment afin de pouvoir communiquer avec vous rapidement, vos noms et prénoms, vos coordonnées et la date de début et de fin de votre participation au projet seront conservés pendant un an après la fin du projet dans un répertoire à part maintenu par le chercheur responsable de ce projet de recherche.

En conformité avec la loi sur l'accès à l'information, vous avez le droit de consulter votre dossier de recherche pour vérifier les renseignements recueillis et les faire rectifier au besoin, et ce, aussi longtemps que le chercheur responsable de ce projet de recherche détient ces informations.

Études ultérieures

Acceptez-vous que vos données de recherche soient utilisées pour réaliser d'autres projets de recherche dans le domaine de la neuroscience du vieillissement ou dans le domaine de la promotion de la santé,

Formulaire d'information et de consentement approuvé le 2 juillet 2013 par le Comité mixte d'éthique de la recherche du RNQ.

Version du 2 juillet 2013.

CMER RNQ 13-14 - 003 - majeur

Ces projets de recherche seront évalués et approuvés par le Comité mixte d'éthique de la recherche du RNQ avant leur réalisation. Vos données de recherche seront conservées de façon sécuritaire dans la Banque de données du Centre de recherche de l'IUGM, et ce, conformément à la politique de gestion de la Banque de données du Centre de recherche de l'IUGM. Afin de préserver votre identité et la confidentialité de vos données de recherche, vous ne serez identifié que par un numéro de code.

Vos données de recherche seront conservées aussi longtemps qu'elles peuvent avoir une utilité pour l'avancement des connaissances scientifiques. Lorsqu'elles n'auront plus d'utilité, vos données de recherche seront détruites. Par ailleurs, notez qu'en tout temps, vous pouvez demander la destruction de vos données de recherche en vous adressant au chercheur responsable de ce projet de recherche.

Acceptez-vous que vos données de recherche soient utilisées à ces conditions? Oui Non

Participation à des études ultérieures

Acceptez-vous que le chercheur responsable du projet ou un membre de son équipe de recherche reprenne contact avec vous pour vous proposer de participer à d'autres projets de recherche? Bien sûr, lors de cet appel, vous serez libre d'accepter ou de refuser de participer aux projets de recherche proposés.

Oui Non

Possibilité de commercialisation

Les résultats de la recherche découlant notamment de votre participation pourraient mener à la création de produits commerciaux. Cependant, vous ne pourrez en retirer aucun avantage financier.

Financement du projet de recherche

Le chercheur responsable du projet a reçu un financement de l'organisme subventionnaire pour mener à bien ce projet de recherche.

Compensation

Vous recevrez un montant de 30 dollars en guise de compensation pour votre déplacement pour les séances d'IRM. Par ailleurs, si vous vous retirez ou si vous êtes retiré du projet avant qu'il ne soit complété, vous recevrez un montant proportionnel à votre participation.

Indemnisation en cas de préjudice et droits du sujet de recherche

Si vous deviez subir quelque préjudice que ce soit dû à votre participation au projet de recherche, vous recevrez tous les soins et services requis par votre état de santé, sans frais de votre part.

En acceptant de participer à ce projet, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez les chercheurs, l'organisme subventionnaire et l'établissement de leur responsabilité civile et professionnelle.

Procédures en cas d'urgence médicale

Veillez noter que l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal n'est pas un centre hospitalier de soins de courte durée qui offre des services d'urgence et qui compte sur la présence sur place d'un médecin 24 heures sur 24. Par conséquent, advenant une condition médicale qui nécessiterait des soins immédiats, les premiers soins vous seront dispensés par le personnel en place et des dispositions seront prises afin

RNQ

COMITÉ MIXTE D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE

de vous transférer, si nécessaire, aux urgences d'un hôpital avoisinant.

Identification des personnes-ressources

Si vous avez des questions concernant le projet de recherche ou si vous éprouvez un problème que vous croyez relié à votre participation au projet de recherche, vous pouvez communiquer avec le membre du personnel de recherche Edith Durand, au (514) 340 3540, poste 4021 ou le chercheur responsable du projet de recherche, Ana Inès Ansaldo, au (514) 340 3540, poste 3933.

Pour toute question concernant vos droits en tant que sujet participant à ce projet de recherche ou si vous avez des plaintes ou des commentaires à formuler, vous pouvez communiquer avec le commissaire local aux plaintes et à la qualité des services de l'IUGM au (514) 340.2109.

Surveillance des aspects éthiques du projet de recherche

Le Comité mixte d'éthique de la recherche du RNQ a approuvé ce projet de recherche et en assure le suivi. De plus, il approuvera au préalable toute révision et toute modification apportée au protocole de recherche et au formulaire d'information et de consentement. Pour toute information, vous pouvez joindre le secrétariat du Comité, par téléphone au (514) 340.2800, poste 3250 ou par courriel à l'adresse suivante: karima.bekhiti.iugm@ssss.gouv.qc.ca

Consentement

Titre du projet de recherche : Récupération de l'aphasie: application de la recherche à la clinique pour optimiser l'intervention auprès de personnes présentant une aphasie après un Accident Vasculaire Cérébral (AVC)

I. Consentement du sujet

J'ai pris connaissance du formulaire d'information et de consentement. Je reconnais qu'on m'a expliqué le projet, qu'on a répondu à mes questions et qu'on m'a laissé le temps voulu pour prendre une décision.

Après réflexion, je consens à participer à ce projet de recherche aux conditions qui y sont énoncées.

Signature du sujet de recherche

Date

II. Signature de la personne qui a obtenu le consentement si différent du chercheur responsable du projet de recherche.

J'ai expliqué au sujet de recherche les termes du présent formulaire d'information et de consentement et j'ai répondu aux questions qu'il m'a posées.

Signature de la personne qui obtient le consentement

Date

III. Signature et engagement du chercheur responsable de ce projet de recherche

Je certifie qu'on a expliqué au sujet de recherche les termes du présent formulaire d'information et de consentement, que l'on a répondu aux questions que le sujet de recherche avait à cet égard et qu'on lui a clairement indiqué qu'il demeure libre de mettre un terme à sa participation, et ce, sans préjudice.

Je m'engage, avec l'équipe de recherche, à respecter ce qui a été convenu au formulaire d'information et de consentement et à en remettre une copie signée et datée au sujet de recherche.

Signature du chercheur responsable de ce projet de recherche

Date

